





# I GEORGOFILI



I GEORGOFILI  
IN OCCASIONE DEL VERTICE  
DEI MINISTRI DELL'AGRICOLTURA DEL G20

Supplemento agli Atti dei Georgofili 2021



EDIZIONI POLISTAMPA

*Con il contributo di*



**FONDAZIONE  
CR FIRENZE**

Copyright © 2021  
Accademia dei Georgofili  
Firenze  
<http://www.georgofili.it>

Proprietà letteraria riservata

Supplemento a «I Georgofili. Atti della Accademia dei Georgofili»  
Anno 2021 - Serie VIII - Vol. 18 (197° dall'inizio)

Direttore responsabile: Paolo Nanni

Edizioni Polistampa  
Via Livorno, 8/32 - 50142 Firenze  
Tel. 055 737871 (15 linee)  
[info@polistampa.com](mailto:info@polistampa.com) - [www.polistampa.com](http://www.polistampa.com)  
Sede legale: Via Santa Maria, 27/r - 50125 Firenze

ISBN 978-88-596-2228-4

Servizi redazionali, grafica e impaginazione  
SOCIETÀ EDITRICE FIORENTINA



# Indice

<i>Introduzione</i> di Massimo Vincenzini .....	»	9
---	---	---

## ALCUNI TRAGUARDI PER L'AGRICOLTURA DEL FUTURO

MAURIZIO MARTINA .....	»	13
EUGENIO GIANI .....	»	14
DARIO NARDELLA .....	»	17
DARIO CASATI, <i>Lo sviluppo sostenibile dell'agricoltura dopo la pandemia: linee e indirizzi strategici per le politiche agrarie</i> .....	»	21
BARBARA LAZZARO, <i>Gli eco-schemi della PAC: quale sintesi tra obiettivi ambientali ed esigenze di semplificazione</i> .....	»	34
FABRIZIO MAZZETTO, <i>Dal precision farming alla smart agriculture: linee guida per l'agricoltura del futuro</i> .....	»	36
SANDRO LIBERATORI, <i>La certificazione dell'agricoltura digitale</i> .....	»	38
GIANLUCA BRUNORI, <i>I sistemi di conoscenza di fronte alla transizione ecologica e digitale</i> .....	»	45
<i>Considerazioni conclusive</i> .....	»	47

## RESILIENZA, CIRCOLARITÀ E SOSTENIBILITÀ IN AGRICOLTURA

STEFANIA DE PASCALE, ALBINO MAGGIO, <i>Agricoltura circolare: opportunità e criticità</i> .....	»	51
NICOLA LUCIFERO, <i>La sostenibilità nella filiera agroalimentare: il quadro normativo tra criticità applicative e prospettive evolutive</i> .....	»	60
LUIGI FRUSCIANTE, NUNZIO D'AGOSTINO, <i>Nuove frontiere del miglioramento genetico per affrontare i cambiamenti climatici</i> .....	»	76
SIMONE ORLANDINI, <i>La sostenibilità nei sistemi agrari</i> .....	»	88
RAFFAELLO GIANNINI, <i>La sostenibilità nei sistemi forestali</i> .....	»	96

PAOLO SCKOKAI, <i>I nuovi modelli di consumo “sostenibile”</i> .....	»	109
<i>Considerazioni conclusive</i> .....	»	117

#### PRODUZIONE E MERCATO INNANZI ALLE SFIDE DEL TEMPO PRESENTE: DIRITTO AL CIBO, SOSTENIBILITÀ E MERCATI

LUIGI COSTATO, <i>Dalla food security alla food sovereignty</i> .....	»	121
LUIGI COSTATO, <i>From food security to food sovereignty</i> .....	»	130
FERDINANDO ALBISINNI, <i>Diritto al cibo e istituzioni europee e nazionali</i> .....	»	139
FERDINANDO ALBISINNI, <i>Right to food and European and national institutions</i> ..	»	146
LUIGI RUSSO, <i>Il nuovo sistema di aiuti all'agricoltura</i> .....	»	153
LUIGI RUSSO, <i>The new system of agricultural aid</i> .....	»	161
MICHAEL T. ROBERTS, <i>La Politica Agricola negli USA nel XXI secolo, letta attraverso il prisma del diritto</i> .....	»	169
MICHAEL T. ROBERTS, <i>Viewing agriculture policy in the United States in the 21st century through the prism of law</i> .....	»	176
YANGYAO YU, <i>La politica agricola del XXI secolo in Cina</i> .....	»	182
YANGYAO YU, <i>Agricultural Policy of XXI Century in China</i> .....	»	199
<i>Considerazioni conclusive e sfide per il prossimo futuro</i> .....	»	215

#### LA METÀ NASCOSTA: L'INTERFACCIA DINAMICA TRA PIANTA E TERRENO

TEOFILO VAMERALI, GIULIANO MOSCA, AMEDEO ALPI, <i>Tecnologie di studio della radice e risposta adattiva di specie diverse</i> .....	»	219
MARIANA AMATO, ROBERTA ROSSI, <i>Gli organi ipogei e l'ambiente: i servizi eco- sistemici</i> .....	»	235
ROSARIO DI LORENZO, STEFANO PUCCIO, <i>Le radici del vigneto italiano: pas- sato, presente, futuro</i> .....	»	245
MARCO NUTI, LAURA ERCOLI, <i>La società invisibile e le radici delle piante colti- vate</i> .....	»	250
MARIATERESA RUSSO, <i>La metà nascosta e la salute dell'uomo: il caso delle na- noplastiche</i> .....	»	259
<i>Considerazioni conclusive</i> .....	»	274

#### RISCHI FITOSANITARI LEGATI AI CAMBIAMENTI CLIMATICI E PREVENZIONE DI EPIDEMIE IN AMBITO VEGETALE

BRUNO CAIO FARAGLIA, BARBARA TIRANTI, <i>La nuova normativa nazionale per la protezione delle piante e il riordino del Servizio fitosanitario nazionale</i> ...	»	279
PIO FEDERICO ROVERSI, <i>L'Istituto Nazionale di Riferimento per la Protezione delle Piante e i Laboratori di Quarantena per il controllo degli organismi nocivi</i> ....	»	286
GIACOMO LORENZINI, <i>Cambiamenti climatici e malattie delle piante</i> .....	»	291
STEFANIA TEGLI, DARIO GAUDIOSO, <i>Cambiamenti globali e fitopatogeni da quarantena: ricerca, innovazione, trasferimento, prevenzione</i> .....	»	302

ALBERTO ALMA, ANDREA LUCCHI, <i>Influenza del cambiamento climatico sugli insetti: nuove minacce per la viticoltura europea</i> .....	»	311
ROSEMARIE TEDESCHI, ELENA GONELLA, <i>Rischi connessi all'introduzione di organismi esotici nelle associazioni vettore-fitopatogeno: il caso di Candidatus Liberibacter spp.</i> .....	»	320
DONATO BOSCIA, PIERFEDERICO LA NOTTE, PASQUALE SILDARELLI, MARI SAPONARI, <i>Xylella fastidiosa: il contributo della ricerca scientifica nella gestione di una emergenza fitosanitaria di portata epocale</i> .....	»	329
<i>Considerazioni conclusive</i> .....	»	331

#### LA GENETICA E LE SFIDE FUTURE DELLA ZOOTECCIA

BRUNO RONCHI, <i>La genetica e le sfide future della zootecnica. Introduzione.....</i>	»	335
FILIPPO MIGLIOR, RICCARDO NEGRINI, MARTINO CASSANDRO, <i>Il miglioramento genetico nel contesto agro-zootecnico: problemi e prospettive .....</i>	»	336
GIUSEPPE CAMPANILE, STEFANIA CHESA, STEFANO BIFFANI, GIANLUCA NEGGLIA, ALESSIO CECCHINATO, <i>Il ruolo delle nuove tecnologie per la selezione di animali resistenti e resilienti: dalla zootecnica di precisione alla genomica.</i>	»	345
NICOLÒ PIETRO PAOLO MACCIOTTA, MARIANGELA CAROPRESE, ROBERTA CIAMPOLINI, UMBERTO BERNABUCCI, ALESSANDRO NARDONE, <i>Quali obiettivi di selezione per fronteggiare i cambiamenti climatici .....</i>	»	353
LUCA FONTANESI, BRUNO STEFANON, ALESSANDRO BAGNATO, EMILIANO LASAGNA, GIUSEPPE PULINA, <i>Il contributo del miglioramento genetico alla sostenibilità delle produzioni zootecniche .....</i>	»	366
ANDREA SUMMER, PAOLA DI GREGORIO, DONATA MARLETTA, MARCELLO MELE, <i>Qualità e valore nutrizionale delle produzioni zootecniche: dove e come può incidere il miglioramento genetico.....</i>	»	377
PAOLO AJMONE MARSAN, RICCARDO BOZZI, ELENA CIANI, PAOLA CREPALDI, FABIO PILLA, BALDASSARE PORTOLANO E ALESSANDRA STELLA, <i>Adattamento ambientale e genetica: la rilettura della biodiversità, le basi genetiche della resilienza, il ruolo dell'epigenetica .....</i>	»	388

#### RICERCA E FORMAZIONE PER LA SICUREZZA DEL LAVORO E PER L'INNOVAZIONE IN AGRICOLTURA

DANILO MONARCA, DOMENICO PESSINA, <i>Ricerche e prove sulla sicurezza delle macchine agricole</i> .....	»	399
VINCENZO LAURENDI, <i>Obsolescenza del parco macchine ed esigenze di innovazione: il ruolo dell'INAIL</i> .....	»	413
FAUSTA FABBRI, GIANFRANCO NOCENTINI, <i>Le iniziative di dimostrazione, formazione e informazione in materia di uso in sicurezza delle macchine agricole, prevenzione e tutela della salute e dignità degli operatori agricoli: la strategia della Regione Toscana</i> .....	»	428
MASSIMO CECCHINI, <i>Strumenti formativi per la sicurezza del lavoro agricolo</i> .....	»	437

MARCO VIERI, <i>Criteri per l'adozione dell'innovazione tecnologica e della digitalizzazione</i> .....	»	445
PIETRO PICCAROLO, <i>Considerazioni conclusive</i> .....	»	451

#### FORESTA URBANA E BENESSERE:

##### SINERGIE E PROSPETTIVE FRA MEDICINA, PSICOLOGIA E VERDE URBANO

FRANCESCA CIRULLI, <i>Salute mentale, natura e verde urbano in una prospettiva neurobiologica</i> .....	»	457
FRANCESCO RICCARDO BECHERI, <i>Terapia forestale: esperienze, limiti e prospettive</i> .....	»	459
GIUSEPPE CARRUS, <i>Foresta e verde urbano e benessere psicofisico</i> .....	»	461
GIUSEPPINA SPANO, <i>Salute, benessere e verde urbano: un approccio transdisciplinare</i> .....	»	462
CECILIA BRUNETTI, <i>Terpeni emessi dalle Foreste Mediterranee: dai metodi di rilevazione ai benefici per la salute umana</i> .....	»	470
<i>Considerazioni conclusive</i> .....	»	472

##### WATER IN AGRICULTURE: A BETTER USE FOR A BETTER WORLD

<i>Considerazioni conclusive</i> .....	»	475
--	---	-----

##### IL PATRIMONIO FORESTALE ITALIANO COME CAPITALE NATURALE

RAFFAELLO GIANNINI, <i>Il patrimonio forestale italiano come capitale naturale</i> .....	»	479
CARLO CALFAPIETRA, GIUSEPPE SCARASCIA MUGNOZZA, <i>Foreste nel Quarto rapporto sullo stato del capitale naturale in Italia</i> .....	»	482
GHERARDO CHIRICI, <i>Monitoraggio su larga scala dei sistemi forestali</i> .....	»	484
CARLO BLASI, <i>Dalle foreste naturali ai boschi urbani</i> .....	»	486
SUSANNA NOCENTINI, <i>Nuove prospettive per la selvicoltura e la gestione forestale</i> .....	»	488
DAVIDE DE LAURENTIS, <i>Attività dei Carabinieri Forestali a difesa del patrimonio boschivo</i> .....	»	490
ALESSANDRA STEFANI, <i>Attività della Direzione Foreste ed Economia Montana nell'ambito della crescita del capitale naturale forestale</i> .....	»	492

# Introduzione

In occasione del vertice dei Ministri dell'agricoltura del G20 (Firenze, 17-18 settembre 2021), l'Accademia dei Georgofili ha voluto organizzare una serie di eventi scientifici su argomenti inerenti l'agricoltura e le sfide che essa dovrà affrontare e vincere per cogliere gli obiettivi attesi entro il 2050. I temi scelti sono di sicuro interesse generale e spaziano dall'economia di mercato al diritto al cibo e alla innovazione in agricoltura, senza trascurare gli aspetti inerenti i rapporti tra pianta, suolo e ambiente, i rischi fitosanitari e la gestione delle acque e dei boschi.

In definitiva, un ampio ventaglio di argomenti estremamente attuali, trattati e analizzati ora qui disponibili tutti insieme in questo volume.

Per ogni evento, l'Accademia aveva anticipatamente messo a disposizione dei partecipanti (e degli utenti del web) le sintesi degli interventi; questa pubblicazione le integra con testi più ampi e descrittivi, con bibliografia e con delle considerazioni conclusive, utili a riassumere gli scopi e le finalità di ogni incontro. Sul sito istituzionale dei Georgofili ([www.georgofili.it](http://www.georgofili.it)) sono anche presenti le registrazioni video complete delle manifestazioni.

Ancora una volta, l'Accademia dei Georgofili ha voluto offrire il proprio contributo, attraverso l'operato volontario dei propri membri, alla conoscenza tecnico-scientifica nel settore dell'agricoltura nel suo significato più ampio e mettere a disposizione di tutti il proprio lavoro e la propria competenza nella viva speranza che possa essere utile e, magari, utilizzata per il bene comune.

MASSIMO VINCENZINI



# Alcuni traguardi per l'agricoltura del futuro

6 settembre 2021

## Programma

14.30 - *Saluti istituzionali*

Coordina: Dario Casati

14.45 - *Relazioni*

DARIO CASATI

*Lo sviluppo sostenibile dell'agricoltura dopo la pandemia:  
linee e indirizzi strategici per le politiche agrarie*

BARBARA LAZZARO

*La credibilità del 4° pilastro: gli ecoschemi obbligatori*

MARCO PASTI

*Il dovere delle innovazioni e la sostenibilità delle produzioni agricole*

FABRIZIO MAZZETTO

*Dal precision farming alla smart agriculture: linee guida per l'agricoltura del futuro*

SANDRO LIBERATORI

*La certificazione dell'agricoltura digitale*

GIANLUCA BRUNORI

*I sistemi di conoscenza di fronte alla transizione ecologica e digitale*

DARIO CASATI, GIANLUCA BRUNORI

*Sintesi dei lavori e chiusura*

17.30 - *Conclusione dei lavori*



MAURIZIO MARTINA<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Vicedirettore generale della FAO

Sono grato all'Accademia dei Georgofili per l'importante lavoro di analisi e confronto aperto sviluppatosi in preparazione del G20 Agricoltura di Firenze presieduto dall'Italia. Si è trattato di un momento particolarmente significativo per analizzare lo scenario dei sistemi agricoli e alimentari e gli impatti che la pandemia ha generato su di essi. Sappiamo che l'emergenza sanitaria ha esacerbato in poco tempo anche l'emergenza alimentare, portando altre cento milioni persone nell'area della malnutrizione in poco più di dodici mesi. Sappiamo anche che i cambiamenti climatici strutturali che stiamo già vivendo ci pongono sfide inedite. L'incremento demografico dei prossimi anni rischia di non essere accompagnato da un coerente incremento della produttività agricola e per questa ragione occorre intervenire presto ridisegnando i nostri modelli. La chiave dell'investimento nell'innovazione non può rimanere per pochi ma deve essere messa a disposizione di molti, specie le piccole e medie imprese, con efficaci politiche pubbliche di accompagnamento di questa transizione. "Produrre meglio, sprecando meno" si può. Ma occorre un salto di qualità progettuale delle imprese, dei territori e delle istituzioni anche per fare in modo che le agricolture del mondo siano – come in effetti possono essere – parte della soluzione e non parte del problema ambientale che l'intero Pianeta si trova già a vivere. E noi tutti siamo chiamati a operare, giorno per giorno, con questa consapevolezza.

EUGENIO GIANI<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Presidente della Regione Toscana

Non potevano che partire da qui, dall'Accademia dei Georgofili, gli eventi preparatori del G20 dei ministri dell'agricoltura, un appuntamento di straordinario rilievo internazionale e che rappresenta un grande onore per la Toscana.

Fu questa istituzione, che nacque nel 1753, costituita da un gruppo di aristocratici di grande cultura e preveggenza a porre fin da allora le basi per modernizzare l'agricoltura, che non soltanto era il motore primario dello sviluppo economico della società, ma anche l'attività necessaria per garantire a tutti le fonti di sostentamento. E da 250 anni l'Accademia dei Georgofili è il nostro punto di riferimento.

L'Accademia svolse sin dai suoi esordi una funzione talmente importante che, ad esempio, quando arrivò in Toscana nel 1765 Pietro Leopoldo, ispirò al diciottenne sovrano una serie di attività che porteranno a cambiare radicalmente il profilo e la natura dell'attività agricola nel Granducato di Toscana, dando una forte spinta alla nascita di una rinnovata agricoltura, nelle tecniche e nell'uso dei macchinari.

E quando, all'inizio degli anni '30 dell'Ottocento, avviene la seconda grande trasformazione nel settore agricolo, che affianca la prima "rivoluzione industriale", nel Granducato di Toscana si ritiene ancora che l'agricoltura sia fonte primaria, organizzata intorno al sistema della mezzadria.

È insomma una storia ricca di intelligenza e di intelligenze. Lasciatemi solo ricordare figure come quelle di Cosimo Ridolfi e di Raffaello Lambruschini, uomini capaci di tradurre le loro competenze agronomiche in stimolo per l'azione politica. E quando il governo del neonato Regno d'Italia sceglie Firenze come sede della prima esposizione nazionale italiana, che si apre il 15 settembre del 1861, tra i temi centrali c'è l'agricoltura e importante è l'apporto che viene dall'Accademia dei Georgofili.

L'agricoltura è un'attività complessa, non solo nei suoi aspetti produttivi, ma anche per la capacità di incidere sul paesaggio stesso. Basta pensare a come si è trasformata attraverso l'agricoltura la Toscana. Faccio soltanto alcuni esempi. Là dove c'erano laghi, penso al lago di Prile fra Castiglione della Pescaia e Grosseto, oggi c'è una grande piana agricola; oppure la zona del lago di Bientina, un'area che era una paludosa e malarica, e che, grazie alla realizzazione della "botte", venne recuperata alle attività agricole. E pensiamo alle bonifiche della Maremma.

Ricordo tutto questo per sottolineare che un confronto sulle prospettive dell'agricoltura nel futuro trova in Toscana un retroterra storico e culturale ideale.

Queste prospettive passano attraverso tre momenti fondamentali: innovazione, sostenibilità, sviluppo del biologico.

Strategica, certo, è la capacità di innovazione, perché attraverso l'applicazione di nuove tecnologie – infrastrutture digitali, da un lato, evoluzione dei macchinari con cui si opera, dall'altro – si ottengono produzioni di qualità risparmiando sul piano dei costi.

Ma oggi diventa decisiva la sostenibilità: in un'epoca di cambiamenti climatici, l'attività agricola deve coesistere assolutamente con la salvaguardia del pianeta. E poi il biologico, perché è indubbio che da un punto di vista della salute, l'alimentazione diventa sempre più centrale. Insieme a questo, ci sono le garanzie offerte dalla filiera corta, che consente di consumare ciò che si produce il più possibile in loco, con una trasparenza di processi che diventa un elemento sempre più richiesto dai cittadini. Siamo in un'epoca in cui il prodotto della terra si valuta sempre meno, ai fini dell'acquisto, sulla base del costo e sempre più sulla qualità.

Questi gli scenari, queste le sfide che abbiamo di fronte. Per questo siamo chiamati a confrontarci con l'obiettivo di organizzare al meglio la nostra capacità produttiva. Superando le logiche di un'agricoltura basata su una dimensione singola e di impresa, per puntare invece a sviluppare un lavoro sinergico e di squadra. Penso, ad esempio, al lavoro dei consorzi, come quelli del vino.

In questi giorni, parlando con imprenditori agricoli, ho riscontrato una loro grande fiducia nel futuro, con una forte spinta ad investire per avviare una fase di sviluppo dopo la pandemia.

Certo, con la pandemia si è andati sotto del 12 per cento del PIL. Ora si prevede, lo dice il ministro Franco da Cernobbio, il 6 per cento in più. In questa situazione è evidente che agricoltura e agroalimentare alimentano forti prospettive di crescita e speranze per il futuro.

Noi, come Regione, faremo la nostra parte per supportare questa fase. Cito solo un ambito su cui dovremo agire, per quello che riguarda la Toscana: l'ac-

qua. Perché è evidente che l'agricoltura in un territorio esteso richiede grossi investimenti pubblici per realizzare un'adeguata infrastruttura per l'irrigazione. E un ultimo accenno a un altro tema importante: il rapporto non sempre facile tra l'attività agricola e la presenza sul territorio di ungulati.

Insomma, nessuna questione verrà trascurata perché per la Toscana l'agricoltura è una voce fondamentale della sua struttura economica. Ed è anche un settore che offre sempre di più prospettive e opportunità di lavoro per i giovani.

Concludo augurando il miglior successo al convegno, che in occasione di questo G20 dei ministri dell'agricoltura mette in luce il valore e il prestigio scientifico, ma anche politico, di questa straordinaria istituzione che è l'Accademia dei Georgofili.

DARIO NARDELLA<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Sindaco di Firenze

Ringrazio il professore Massimo Vincenzini, per avermi invitato a portare il saluto all'apertura di questo incontro, che inaugura un ciclo di riunioni, convegni, riflessioni sui temi che sono in primo piano a livello nazionale e internazionale nel campo dell'agricoltura e in tutti i settori che incrociano l'agricoltura. Come sapete, questa settimana precede quella del G20 interministeriale dell'Agricoltura, che si terrà a Firenze il 17 e 18 settembre mattina. I ministri dei Paesi coinvolti si incontreranno nel Salone dei Cinquecento a Palazzo Vecchio con le loro delegazioni e per l'occasione il Comune di Firenze, in collaborazione con molte altre Istituzioni (Regione Toscana, Università di Firenze, la stessa Accademia dei Georgofili, Fondazioni Bancarie e altre realtà), ha predisposto un programma di eventi e di incontri che possa fare da contrappunto al vertice ufficiale internazionale.

Siamo tutti mossi dal desiderio di colmare la distanza che ci può essere fra le grandi Istituzioni sovranazionali e nazionali e le realtà sociali, culturali ed economiche che agiscono sul territorio, soprattutto quando abbiamo davanti sfide globali come la lotta al cambiamento climatico, la povertà alimentare, il cambiamento degli stili di vita, l'inclusione sociale e quindi anche la sostenibilità sociale.

Di fronte a sfide di questa portata che segnano il nostro tempo dobbiamo assolutamente legare l'azione politica nazionale e internazionale con la progettualità che si sviluppa nei nostri territori, nelle nostre città, nelle nostre campagne. Non vi è obbiettivo ambizioso e difficile proprio come, ad esempio, la lotta al cambiamento climatico, non raggiungibile senza il pieno coinvolgimento delle comunità locali e quando parlo di comunità locali mi riferisco a tutti gli attori che agiscono nei nostri territori. L'Accademia dei Georgofili, infatti, non è solo una grande e secolare istituzione scientifica e

culturale ma è un attore del territorio fiorentino, interagisce con le istituzioni locali, collabora con il mondo della scuola, dell'Università, con il mondo sociale, economico, con i Comuni, con i sindaci, ne abbiamo parlato molte volte con il professor Vincenzini. Perché non si può a mio avviso fare ricerca, analisi, sperimentazione senza essere calati nella realtà del contesto sociale, senza conoscere i bisogni, i desideri, le istanze, le aspettative che nascono dalla società civile.

La missione del mondo della scienza a mio avviso è proprio quella d'interpretare le istanze che vengono dalla società civile e trovare soluzioni che la ricerca e la tecnologia possono mettere a disposizione della società civile, del resto l'Accademia è costituita da scienziati che sono quotidianamente a contatto con la realtà dell'economia agraria, che lavorano abitualmente con imprese, aziende, istituzioni che si occupano di agricoltura.

Ecco, quindi, che attorno al G20 Firenze si presenta con un calendario di appuntamenti che tocca tutti gli aspetti della vita collettiva, che possono in qualche modo collegarsi al tema dell'agricoltura. Parlo dell'educazione alimentare, di come noi trasmettiamo alle nuove generazioni i valori, i metodi, strumenti per conoscere e crescere, parlo del rapporto fra rigenerazione urbana e mondo agrario. Un'altra sfida che ci deve consentire di superare quella dicotomia che c'è fra la città e la campagna che non ha più motivo di esistere – pensiamo a tutto il tema delle filiere corte, a come noi alimentiamo le mense delle nostre scuole, delle nostre aziende e fabbriche, i ristoranti, i mercati delle nostre città –, non esiste campagna senza città e non esiste città senza campagna. Quella che può sembrare una polarizzazione, una dicotomia, deve diventare in realtà una grande alleanza; le città possono essere quei palcoscenici dove noi scarichiamo a terra in modo concreto gli effetti dell'innovazione nel mondo dell'agricoltura, una innovazione che si misura in termini materiali ma anche in termini etici.

Si parla molto di transizione ecologica e di transizione digitale, ma stiamo vivendo anche una transizione *etica* e questo si lega al modo in cui noi nutriamo il mondo e nutriamo le persone, al rispetto che abbiamo del mondo che ci circonda, del nostro pianeta. Ormai da vari anni – e voi lo sapete meglio di me – si è creato un saldo negativo, un debito ecologico, che le generazioni hanno verso le future generazioni e verso il mondo stesso; dobbiamo recuperare questo debito ecologico e per questo è necessario uno sforzo collettivo inedito in termini economici, scientifici, sociali, culturali per recuperare questo iato che si è determinato.

Sono molto grato al lavoro dell'Accademia e degli accademici che vengono da tutto il mondo, mi fa piacere anche ricordare che il segretario generale della FAO è un vostro collega e uno scienziato e ci verrà a trovare la prossima

settimana; quindi, accademici che non vivono chiusi fra le mura dorate dei bei palazzi dove fare ricerca, ma che vivono il paese reale in Italia e nel resto del mondo, sono immersi con la loro attività scientifica nei contesti di riferimento, questo è molto positivo. Per questo ringrazio l'Accademia e gli accademici per questo lavoro di continua ricerca, approfondimento, sperimentazione.

Del resto il motto che Galileo Galilei utilizzava in particolare qui a Firenze è proprio quello di “provare e riprovare”: abbiamo bisogno di fallimenti per raggiungere dei successi e se non sperimentiamo mai, non potremo mai sperimentare ciò che ci insegna anche la sconfitta. Da sindaco ho sempre pensato che sia meglio fare le cose anche a rischio di sbagliare, che stare fermi per paura di fallire: la paura di fallire non muove mai niente. Credo che per lo scienziato sia ovvio perfino mettere in conto il fallimento per raggiungere poi il successo finale. Questo è il nostro spirito, è quello che muove da sempre la nostra città che è riuscita a farsi permeare dal sapere scientifico e dal sapere umanistico: non ci deve essere scissione, divisione, fra scienza e pensiero intellettuale umanistico, abbiamo bisogno dell'uno e dell'altro.

Il G20 dell'Agricoltura a Firenze può essere l'opportunità per affermare nuovamente questi principi, questi valori.

Da ultimo se mi consenti, caro Massimo, vorrei esprimere un pensiero sincero, profondo e affettuoso, agli amici, colleghi e familiari di due carissimi amici che sono scomparsi di recente, Franco Scaramuzzi e Giampiero Maracchi. Due accademici, due persone di grande valore, che mi chiedo chissà cosa avrebbero detto, affermato dopo l'esperienza del Covid: non sono arrivati come tutti noi a vivere questa esperienza, e ci manca sicuramente il loro punto di vista, la loro sensibilità, la loro esperienza.

Auguro a tutti voi un grande in bocca al lupo, mi auguro che i frutti di questa settimana di incontri e di studi possano subito essere raccolti. Come sindaco della città di Firenze sono pronto ad assicurare una collaborazione continuativa. Il professor Vincenzini sa bene quanto noi teniamo all'Accademia dei Georgofili e grazie anche a voi dimostreremo ai ministri del G20 e al mondo intero quanta forza, quanto patrimonio c'è nella nostra città, patrimonio dell'umanità anche essa.

Questo è il nostro compito, condividere il sapere, alimentare il sapere e fare in modo che la scienza possa davvero trasformarsi anche grazie alla buona politica, in uno strumento formidabile di emancipazione degli individui e delle comunità. Abbiamo bisogno di voi oggi più che mai, dei vostri stimoli, dei vostri studi, delle vostre sollecitazioni, dei vostri progetti perché viviamo anche in un periodo in cui l'ideologia estrema arriva anche a mettere in discussione il senso stesso della scienza: il Covid ha messo in luce anche questo e quindi oggi più che mai la nostra non è una sfida di nicchia, di settore, ma

è una sfida decisiva che attraversa orizzontalmente tutto il mondo e tutti gli strati della società civile.

Grazie ancora quindi, coraggio, forza, il vostro studio, la vostra esperienza, la vostra energia per noi è un aiuto vitale.

Lunga vita all'Accademia dei Georgofili.



DARIO CASATI<sup>1</sup>

## Lo sviluppo sostenibile dell'agricoltura dopo la pandemia: linee e indirizzi strategici per le politiche agrarie

<sup>1</sup> Presidente Sezione Nord Ovest dell'Accademia dei Georgofili, Professore Emerito Università degli Studi di Milano

A distanza di quasi due anni dalla prima comparsa di Covid-19 nel mondo e di un anno e mezzo circa dalla dichiarazione dell'OMS dell'11 marzo 2020 che si era in presenza di una pandemia, i segni di quest'ultima in termini sanitari ed economici sono sempre più profondi. Nonostante il numero dei contagiati superi i 200 milioni di unità e quello dei defunti si collochi oltre 4,5 milioni risulta ancora difficile ogni attendibile previsione sulle dinamiche sanitarie. Altrettanto incerto appare, per ovvie motivazioni, l'andamento dell'economia, anche se, almeno fino ad ora, sembra che la tanto attesa ripresa si sia avviata in tempi e con primi risultati migliori di quanto ci si attendesse.

### VERSO UN CANTIERE PER LE POLITICHE AGRICOLE E ALIMENTARI

In questi anni è giunto a conclusione il processo di formazione della nuova Pac per il periodo 2023/27 di cui si devono mettere a punto gli aspetti applicativi, una fase complessa e, allo stesso tempo, un'opportunità straordinaria per riconsiderare l'impianto della riforma che risale a un periodo ormai lontano e che stenta a contenere adeguamenti alla nuova realtà. Nel corso dell'incontro organizzato dall'Accademia per il giorno 7 settembre dal titolo "Produzione e mercato innanzi alle sfide del tempo presente: diritto al cibo, sostenibilità e mercati" coordinato dai professori L. Costato e F. Albisinni saranno discussi i contenuti dei nuovi modelli di intervento in tema di produzione e mercato dei prodotti agricoli e alimentari delle maggiori politiche agrarie e a esso si rimanda per un approfondimento sui contenuti delle stesse in questa fase di cambiamento.

Si apre dunque un “cantiere” per le politiche agrarie a cui anche oggi con questo incontro l’Accademia si propone di offrire una serie di contributi su strategie e aspetti concreti.

#### L’ECONOMIA MONDIALE IN RIPRESA

La caduta del Pil mondiale nel 2020 viene ormai stimata nell’ordine di grandezza del -3,3% mentre le previsioni per il 2021, formulate alla metà dell’anno, indicano una ripresa del 6,0% e del 4,4% nel 2022. In sintesi il calo del 2020 è minore di quello previsto ancora a ottobre 2020 di 1,1 punti grazie a risultati superiori alle proiezioni effettuate nella seconda metà dell’anno 2020. Le previsioni per il 2021 e il 2022 sono migliori rispettivamente di 0,8 punti percentuali e di 0,2 in relazione al maggiore sostegno concesso dai bilanci pubblici nelle principali economie e alla ripresa stimolata dalle vaccinazioni nella seconda metà dell’anno. Pur in un quadro pandemico reso incerto dalla diffusione delle nuove varianti e dalle disparità, anche in relazione agli andamenti dell’occupazione, fra aree e Paesi diversi la crescita globale nel medio termine dovrebbe assestarsi attorno al 3,3%. Secondo le stime del Fondo Monetario Internazionale (IMF, 2021), si può addirittura ritenere, con le dovute precauzioni, che la recessione provocata dal Covid-19 possa lasciare effetti negativi minori di quelli provocati dalla crisi del 2008, anche se le economie emergenti e i Paesi in via di sviluppo a basso reddito soffriranno danni maggiori nel medio periodo.

#### L’AGRICOLTURA MONDIALE NEL QUADRO DI UN’ECONOMIA GLOBALE IN RIPRESA

In questo contesto, l’agricoltura mostra segnali confortanti, proseguendo in un solco aperto durante questi due primi anni di crisi. Le maggiori produzioni non hanno mostrato riduzioni produttive e si sono mantenute sui livelli quantitativi degli anni precedenti e, in qualche caso, anche con nuovi record. Secondo nostre elaborazioni sviluppate sulla base di dati USDA per i tre grandi cereali e la soia le stime di produzione per l’annata 2020-21 (tab. 1) sono tutte superiori ai risultati della campagna 2019-20 e le previsioni per quella 2021-22 sono in linea con l’annata precedente o registrano lievi incrementi. I consumi sono in ripresa su scala mondiale, ma gli incrementi non cambiano sostanzialmente gli equilibri esistenti fra domanda e offerta agricole, mentre i principali indicatori relativi ai rapporti fra produzione, consumo e stocks mostrano variazioni modeste che li mantengono comunque in un’area di si-

FRUMENTO (milioni tonnellate)	2019/20	Stime 2020/21	Previsioni 2021/22		RISO (milioni tonnellate)	2019/20	Stime 2020/21	Previsioni 2021/22	
			mag-21	giu-21				mag-21	giu-21
Produzione	763	776	789	794	Produzione	498	505	505	507
Consumo	748	782	789	791	Consumo	496	507	513	515
Bilancio	15	-6	0	3	Bilancio	1	-2	-8	-8
Stock finali	299	293	295	297	Stock finali	178	176	168	168
Stock/Consumo	40%	38%	37%	38%	Stock/Consumo	36%	35%	33%	33%
Export	174	191	194	195	Export	43	47	46	47
Export/produzione	23%	25%	25%	25%	Export/produzione	9%	9%	9%	9%

MAIS (milioni tonnellate)	2019/20	Stime 2020/21	Previsioni 2021/22		SOIA (milioni tonnellate)	2019/20	Stime 2020/21	Previsioni 2021/22	
			mag-21	giu-21				mag-21	giu-21
Produzione	1118	1.125	1.190	1.190	Produzione	339	364	386	386
Consumo	1135	1.150	1.181	1.181	Consumo	357	369	381	381
Bilancio	-17	-25	9	9	Bilancio	-18	-5	5	5
Stock finali	305	281	292	289	Stock finali	97	88	91	93
Stock/Consumo	27%	24%	25%	25%	Stock/Consumo	27%	24%	24%	24%
Export	172	187	197	197	Export	165	171	173	173
Export/produzione	15%	17%	17%	17%	Export/produzione	49%	47%	45%	45%

Tab. 1 *Il mercato mondiale delle principali commodity agricole in sintesi*  
(Fonte: Elaborazioni OECV-dip. ESP, UNIMI su dati USDA)

curezza. La dinamica degli scambi nel corso della campagna 2020-21 e nelle previsioni per quella successiva cresce, ma tutto sommato rimane all'interno di rapporti stabili, prodotto per prodotto, fra esportazioni e produzioni secondo le caratteristiche proprie dei singoli mercati.

#### LA DINAMICA DEI PREZZI AGRICOLI

Infine merita attenzione la dinamica dei prezzi negli anni della pandemia. Anche in questo periodo le commodity agricole hanno seguito l'andamento della maggior parte delle altre. Per il periodo che comprende il 2019 e la prima parte del 2020 i prezzi sono rimasti sostanzialmente deboli sino ai minimi registrati nella primavera/estate del 2020, allineandosi, ma con minori ribassi, alle altre commodity e in parte anche al petrolio e ai prodotti energetici che hanno scontato i maggiori ribassi a causa del crollo della domanda. A partire dal minimo clamoroso di aprile/inizi maggio 2020 del petrolio, i prezzi si sono mossi al rialzo e anche quelli agricoli si sono allineati a questo andamento. Nella seconda metà del 2020 e nel primo semestre 2021 le quotazioni agricole hanno registrato incrementi superiori alle altre commodity toccando, insieme a queste, i relativi massimi a maggio 2021. Poi è iniziato un rallentamento che per le agricole ha portato a due mesi di flessione con una svolta in giugno e luglio (Fao, 2021a). Tuttavia a fine agosto, inizi settembre i prezzi hanno iniziato una nuova fase di risalita (Fao, 2021b). Le quotazioni sono superiori a quelle degli stessi mesi dell'anno precedente,

con dinamiche specifiche per alcune commodity agricole. In sintesi si può rilevare una tendenza che, da un lato, unisce la dinamica delle materie prime agricole a quella più generale delle altre commodity, mentre dall'altro mette in evidenza un ritorno di importanza delle classiche variabili che incidono sui mercati agricoli insieme a variabili nuove legate a conseguenze della crisi Covid-19 (AMIS, 2021). Fra queste occorre inserire la riduzione dei consumi procapite e della domanda nei Paesi a basso livello di reddito messi in difficoltà dalla gelata dell'economia, i cambiamenti quali/quantitativi della domanda nei Paesi avanzati, i problemi delle colture legate all'impiego di manodopera migrante bloccata dalle misure di distanziamento sociale adottate per il contrasto della pandemia.

Al momento, durando la pandemia con potenziali cambiamenti difficilmente prevedibili, non è possibile comprendere fino a che punto queste variazioni potranno divenire stabili e, per così dire, inserite nei relativi mercati, anche se si può ritenere che la ripresa economica generale e quella specifica di ogni Paese possano ricondurre a dinamiche più convenzionali, come la discesa degli ultimi mesi lascerebbe supporre e la successiva ripresa, salva naturalmente ogni ulteriore verifica.

#### LE LEZIONI DELLA PANDEMIA E L'AGRICOLTURA

Proprio iniziando dalle considerazioni qui esposte si può cercare di sintetizzare l'esperienza dell'agricoltura in questi due anni. Essa e l'intero sistema agricolo alimentare hanno dimostrato di poter affrontare l'emergenza pandemica con buoni livelli di soddisfacimento delle esigenze impreviste che colpivano un ambito della vita e dell'economia che si è riscoperto strategico ai fini della sopravvivenza stessa dell'umanità. Una constatazione che potrebbe sembrare più che ovvia, ma che non lo è tanto quanto si potrebbe credere. Senza addentrarci nel labirinto delle reazioni umane alla improvvisa (paventata) carenza di cibo e all'emergenza sanitaria che richiedono ben diversi metodi di analisi, occorre riconoscere che in questa situazione il sistema ha mostrato una capacità di resistenza e di ripresa che forse è andata anche oltre alle aspettative. Tutto ciò, però, non può essere sottovalutato né essere dato per scontato. Le lezioni della pandemia (Casati, 2021) vanno sempre tenute presenti per tradursi poi in elementi di base delle politiche agricole, o meglio economico-agrarie, necessariamente "nuove" che dovranno essere approntate per affrontare future e sempre nuove emergenze, sanitarie e non.

Occorre, cioè, rivedere e riprogrammare l'intera gamma degli strumenti atti ad affrontare tali evenienze in maniera razionale e non improvvisata, su

basi scientifiche ed economiche, calate in una realtà molto complessa come il sistema agricolo alimentare.

#### ELEMENTI CHIAVE DELLE NUOVE POLITICHE AGRICOLE

Per identificare le linee guida delle nuove politiche agricole e alimentari imposte dalle emergenze che si possono verificare è necessaria una riflessione preliminare sulla funzione fondamentale e permanente del sistema alimentare. Questo deve essere in grado, in ogni possibile evenienza, di garantire un'offerta di prodotti adeguata a soddisfare la domanda espressa da un'umanità in costante crescita numerica e con bisogni in espansione. Offerta alimentare e crescita della popolazione umana rimangono indissolubilmente legati in un binomio che nelle sue evoluzioni contrassegna la storia stessa della specie. In quest'ottica non è fondamentale solo produrre cibo, ma fare sì che esso sia accessibile per i singoli individui e in ogni contesto geografico e sociale. Da ciò derivano linee guida per le politiche agrarie che devono riguardare sia l'obiettivo produttivo che quello redistributivo degli alimenti.

#### LA PRODUZIONE DI ALIMENTI, PROBLEMATICHE E STRATEGIE DI RISOLUZIONE: LA SCELTA DELLE TECNICHE PRODUTTIVE

Il punto di partenza di ogni strategia riguarda le tecniche produttive che devono essere in grado di fornire un output sufficiente a soddisfare una domanda in evoluzione quanti-qualitativa tenendo conto delle esigenze di contesto in cui l'agricoltura opera e dei vincoli esistenti sul piano tecnico e su quello della sostenibilità del sistema. La questione va affrontata con una visione olistica e non può essere ridotta a semplice sommatoria di soluzioni particolari. È il concetto stesso di sostenibilità generale che indica questa esigenza. Occorre quindi puntare a una razionalizzazione complessiva del sistema agricolo che allo stesso tempo possa essere continuamente adattata agli incrementi di conoscenze nei diversi campi del sapere. Ciò implica una razionalizzazione dei processi produttivi esistenti condotta con una logica costante di approccio scientifico alle soluzioni. In questo senso la stessa emergenza Covid-19 contiene rilevanti elementi dedotti dall'esperienza e dalla gestione delle soluzioni via via adottate. L'intervento sui processi produttivi pone ben presto di fronte a un'apparente contraddizione e a una conseguente, presunta, contrapposizione: Agricoltura contro Scienza. Siamo di fronte a un falso dilemma e a un'artificiosa distorsione del concetto. Se la strada seguita è quella delle soluzioni

scientifiche da applicare ai diversi ordini di problemi concreti e operativi non vi può essere contrasto, ma solo coerenza di intenti e di strumenti. Il dilemma, se pure esistesse, viene risolto dalle scelte compiute, appunto, secondo la logica scientifica che nei suoi processi di elaborazione affronta le differenti ipotesi, le valuta, le migliora su basi rigorose e infine indica le soluzioni (Cattaneo, 2021). Nei processi produttivi, poste le condizioni inderogabili della crescita dell'offerta in condizioni di sostenibilità, la strada maestra passa per gli incrementi di produttività. Questi si esprimono sia con una migliore utilizzazione dell'innovazione e del suo trasferimento all'attività produttiva sia nei sistemi post raccolta di conservazione/stoccaggio dei prodotti sia nella logistica della catena di produzione e distribuzione.

Nuove politiche agrarie e alimentari devono logicamente favorire un approccio complessivo di questo genere grazie allo sviluppo della ricerca e dell'innovazione su prodotti, processi ed organizzazione nei differenti contesti produttivi, sociali e geografici, in una logica ulteriore di compatibilità con il sistema economico generale.

#### L'IMPORTANZA DI POLITICHE CONDIVISE E COMPATIBILI CON IL RESTO DELLA SOCIETÀ NELLA PROSPETTIVA DELLE EMERGENZE

Un approccio generalizzato del tipo di quello indicato implica una seria riconsiderazione delle politiche da adottare in stretto collegamento con quelle agricole e alimentari. Proprio nello stesso intorno di tempo in cui il sistema economico mondiale affrontava le conseguenze, in realtà non ancora superate, della grave crisi economica di origine finanziaria del 2008, l'improvvisa, ma non imprevedibile, comparsa di una nuova crisi sanitaria ed economica ha fornito occasione per un'attenta riflessione sul sistema economico mondiale.

Conclusa la fase della globalizzazione sul modello Gatt/Wto basata sull'apertura dei mercati agli scambi su basi di multilateralità ne è seguita un'altra. Si è accantonato, almeno per un certo periodo, il metodo dei grandi accordi internazionali e si è aperta una fase, non sappiamo quanto transitoria, in cui si sono sviluppate politiche commerciali che contemplavano il prepotente ritorno dei dazi e delle altre barriere non tariffarie negli scambi, la logica delle ritorsioni commerciali, l'imposizione di rapporti bilaterali fra i partner. È stata l'epoca del risorgere delle contrapposizioni fra i protagonisti del mercato mondiale per contendersi le briciole di una crescita che, a seguito della crisi del 2008, era molto più debole che nel decennio precedente.

Le vicende economiche del biennio di crisi economica della Covid-19 anche negli scambi di materie prime strategiche come, da un lato, quelle

alimentari e, dall'altro, quelle energetiche o minerarie, ha dimostrato che era necessario seguire altre strade che non fossero quelle di contrapposizioni puntigliose fra i grandi contendenti che si traducevano in pesanti frenate delle economie più deboli doppiamente colpite. La stessa ripresa, ipotizzata e favorita dall'immissione di capitali pubblici ingenti nell'immediato e nel prossimo futuro, rischia di lasciare indietro una consistente quota di popolazione mondiale con gravi conseguenze nella dinamica dell'economia mondiale.

#### LA SICUREZZA DEGLI APPROVVIGIONAMENTI

Da ciò nasce l'esigenza di politiche economiche coordinate che prevedano un graduale ritorno alla multilateralità, senza l'eccesso di apertura che ha costituito il canto del cigno del modello Gatt/Wto. Le emergenze, in corso e che seguiranno, di qualunque genere siano, ci porranno di fronte a esigenze nuove e antiche allo stesso tempo. La principale è quella della sicurezza alimentare, intesa come garanzia di una quota strategica degli approvvigionamenti necessari. Negli anni della globalizzazione crescente questo aspetto è stato accantonato, forse con una fretta eccessiva. Già all'inizio della crisi del 2008 vi fu un'improvvisa stretta sui mercati agricoli con una fiammata dei prezzi delle commodity di base, la riduzione del volume degli scambi e l'adozione di politiche economiche nazionali protezionistiche. Nel corso degli incontri internazionali del tempo fu discussa una strategia che prevedeva la costituzione di stocks strategici del tipo *buffer stocks* per far fronte a questo tipo di emergenze, ma il progetto non fu in seguito attuato a seguito della rapida normalizzazione dei mercati delle materie prime agricole mentre si rendeva sempre più evidente la natura finanziaria della crisi.

Nella prospettiva di future emergenze, per non farsi trovare impreparate, le politiche agrarie devono prevedere adeguate forme di copertura del fabbisogno alimentare interno di ogni Paese. Nel caso dell'Ue, che in questi mesi sta lavorando alla concretizzazione della futura Pac, ciò potrebbe tradursi in una parte di produzione totale ripartita per quote nazionali, anche se di fronte all'emergenza non sappiamo quanto sarebbe efficace/possibile la redistribuzione del prodotto fra i Paesi membri. Analoghe considerazioni varrebbero se si pensasse a un Organismo mondiale, ad esempio come quelli previsti da accordi, utilizzati in genere per i prodotti tropicali, che non hanno dato risultati soddisfacenti che dovrebbero essere applicati a commodity agricole di base e dunque in un contesto molto diverso.

## IL CONTROVERSO RAPPORTO CON L'AMBIENTE

Nell'esperienza dell'Ue la Pac era nata come la politica verde per eccellenza, secondo una concezione al tempo largamente condivisa nella società. In seguito, tuttavia, essa sempre più è stata vista in contrapposizione e anche nella riforma attuale rimane una zona grigia di indeterminatezza fra agricoltura e ambiente. La spinta ambientalista delle altre politiche comuni con il grande peso accordato alla svolta *Green* rischia di creare più intralci a una corretta pratica agricola di quanti benefici possa apportare all'ambiente. Anche la recentissima analisi di Barreiro-Hurle et al. (2021) del JRC mostra rilevanti perplessità sull'esito dell'applicazione dei nuovi principi ambientali dell'Ue. La questione è molto seria e l'ideologizzazione non facilita una soluzione soddisfacente né per i sostenitori dell'agricoltura professionale né per quelli di un ambiente "libero" dalle pratiche agricole.

Una nuova impostazione del rapporto fra politica agricola e ambientale tuttavia è possibile sulla base di due concetti abbastanza scontati, ma spesso travolti dal calore delle polemiche: a) una corretta pratica agricola non sottrae risorse all'ambiente e non è quella di un'agricoltura di rapina che impoverisce lo stesso terreno agricolo, b) l'obiettivo dell'aumento di produzione, necessario per soddisfare i fabbisogni alimentari, si consegue con gli incrementi di produttività derivanti dall'immissione di innovazione nei processi produttivi frutto della ricerca scientifica e del trasferimento dei risultati in campo. In questa visione essi consentono, producendo di più per unità di superficie, di non utilizzare più terreno per la coltivazione e di aumentare i redditi per gli agricoltori in una logica più corretta della definizione di sostenibilità che contempla, come sappiamo, due obiettivi economici: la redditività dell'attività agricola e il benessere degli agricoltori e dei lavoratori agricoli.

## LA VALORIZZAZIONE DEI PRODOTTI AGRICOLI E IL RAPPORTO CON UNA CORRETTA INFORMAZIONE

L'emergenza pandemica ha messo in luce un elevato interesse del consumatore nei confronti del cibo che si differenzia da quello sostanzialmente edonistico rappresentato da alimenti portatori di messaggi o contenuti particolari o, ancora, veicolato dalla pubblicità occulta dello *story telling*. In un primo tempo della crisi prevalse la ricerca della sicurezza dell'approvvigionamento con l'assalto ai supermercati e ai negozi alimentari, poi la tendenza a individuare in modelli agricoli o alimentari "sbagliati" la causa della comparsa della malattia, infine la ricerca di maggiore conoscenza dei metodi di produzione



e trasformazione degli alimenti, dei contenuti nutrizionali e dell'origine con preferenza, da noi, per il prodotto italiano e d'origine.

Il percorso evolutivo è significativo. In esso si individua un fattore di reazione basato sulla memoria dell'umanità nei confronti del cibo. Sappiamo che negli esseri umani agiscono meccanismi di autodifesa consolidatisi con il rafforzamento della specie nei confronti dei pericoli esterni, inclusi quelli portati dal cibo. Dunque, prima la disponibilità quantitativa, seguita dalla ricerca della sicurezza alimentare e della non responsabilità nella pandemia, poi la volontà di sapere e di conoscere il cibo in tutti i suoi aspetti e infine il tranquillizzante rifugio nell'origine del prodotto che "si è sempre consumato".

Da questa sequenza si può comprendere come un'efficace politica di valorizzazione della produzione alimentare debba offrire, in maniera equilibrata e rispettosa della formazione mentale dell'umanità, una serie di messaggi molto più ampia sia delle informazioni ufficiali sia di quelle della pubblicità e del passa parola della controinformazione, responsabile di tanti problemi di scorretta alimentazione.

#### REALIZZARE UNA POLITICA ESTERA AGRARIA

Le politiche agrarie quasi sempre presentano un'eccessiva limitazione a quella interna al singolo Paese. Proprio la transnazionalità della pandemia, la sua diffusione senza frontiere, fanno capire che devono avere una visione dei problemi più ampia che in passato. Il nostro Paese, da questo punto di vista, presenta almeno tre generi di criticità.

La prima è che non cura il criterio della sicurezza dell'approvvigionamento alimentare perché nella memoria storica è ferma agli ultimi decenni in cui non è mancato mai il cibo e si è supplito alla strutturale carenza di produzione interna con il ricorso alle importazioni sia in funzione calmieratrice dei prezzi sia per soddisfare la carenza di offerta rispetto alla domanda sia per sostenere l'industria alimentare esportatrice.

La seconda è che, trascurando la crescita della produzione interna anche con assurdi vincoli all'impiego dei mezzi di produzione o con normative locali penalizzanti dell'attività agricola, si accresce la quota di copertura dei fabbisogni alimentari del Paese affidata alle importazioni. Il fenomeno è in parte oscurato dal buon andamento della bilancia agroalimentare che sta migliorando e addirittura nel 2019 e nel 2020 presenta un piccolo, ma importante, attivo. Il miglioramento è dovuto, come noto, alle esportazioni di prodotti alimentari, soprattutto dei vini, mentre la componente dei prodotti agricoli di base diventa sempre più passiva. L'Italia in sostanza si avvia a diventare

più trasformatrice che produttrice di prodotti agricoli con conseguenze serie sull'offerta agricola che viene trascurata e per certe filiere che hanno bisogno di avere un approvvigionamento sia interno che estero. Non ultimo il fatto che in misura crescente nei nostri prodotti d'origine cresce la quota di materia prima non locale mettendo a rischio il riconoscimento d'origine.

La terza vede il nostro Paese concentrato su problemi di produzione e consumo tipici dei Paesi sviluppati, dimenticando che siamo anche un grande Paese agricolo, il maggiore dell'Ue per valore aggiunto agricolo. Tuttavia spesso il desiderio di incrementare le esportazioni industriali italiane, ad esempio, va a detrimento della produzione agricola a seguito di importazioni favorite in cambio delle nostre esportazioni. La conseguenza porta anche a un ulteriore aspetto da non trascurare in prospettiva ed è che riducendo la produzione agricola a seguito delle normative adottate anche con la Pac stiamo acquistando quantità crescenti di prodotti agricoli sul mercato mondiale contribuendo alla salita dei prezzi e alla riduzione di prodotto disponibile per i Paesi in difficoltà.

L'insieme di questi argomenti induce a ritenere che, accanto alla politica agraria propriamente detta, si debba realizzare anche una "Politica estera agraria" che tenga conto del necessario coordinamento delle altre politiche con quella agraria, unendo in un quadro coerente tutti i settori, da quelli produttivi alla Sanità, e le relative politiche estere.

#### UNA PROSPETTIVA NUOVA PER LE POLITICHE AGRARIE

Le considerazioni esposte non hanno la pretesa di esaurire una tematica tanto vasta né di costituire un esame esauriente della situazione delle politiche agricole in questa che, per molti aspetti, è la prima pandemia "moderna". Al contrario, proprio in considerazione di quanto è avvenuto, vogliono attirare l'attenzione del mondo agricolo sul fatto che questa situazione rappresenti un'opportunità importante per intervenire sulle politiche stesse e, in particolare sulla Pac, finché si è in tempo. Esse sono state concepite in un contesto diverso e, soprattutto, senza pensare alla possibilità di un'emergenza di questo genere. Alla luce degli eventi, invece, dovrebbero essere alla base di una revisione delle politiche agrarie.

Progettare un nuovo ordine agricolo mondiale può sembrare un'ipotesi troppo ambiziosa, ma gli eventi indicano l'importanza di una rinnovata attenzione.

Alcuni concetti debbono essere enucleati con chiarezza. Riteniamo assurdamamente incongruente e velleitario un (diffuso) approccio ideologico "pau-

peristico”, miope e in sé negativo, alla riduzione delle produzioni agricole in un mondo in cui la popolazione e i bisogni alimentari crescono velocemente, soprattutto nei confronti delle altre aree mondiali costituite in gran parte da Paesi non avanzati. Al contrario serve uno sviluppo agricolo integrato e coordinato.

Allo stesso modo è negativo il giudizio nei confronti di tesi che vedono la soluzione dei problemi in fantasiose teorie produttive pseudo scientifiche che non hanno valore scientifico né pratico. Serve un elevato contributo di innovazione, basato sui risultati della ricerca scientifica e trasferito alle campagne secondo criteri validati.

Sconcerca il criterio di rallentare i consumi per non rendere necessari incrementi di produttività. Al contrario, è utile seguire e incentivare dinamiche di sviluppo agricolo che soddisfino i consumi crescenti senza intaccare la sostenibilità.

Infine emerge la negatività di una collaborazione con i Paesi in difficoltà che si limiti, tranne conclamate emergenze, all'aiuto alimentare saltuario e casuale. Serve una sostanziale partnership organizzata e gestita congiuntamente fra i diversi gruppi di Paesi per offrire risposte concrete a tutta l'umanità.

#### RIASSUNTO

A distanza di due anni dall'inizio della crisi sanitaria ed economica provocata dal Covid-19 sembra che l'economia sia in condizioni migliori del previsto anche se le prospettive rimangono incerte a causa del protrarsi della pandemia. Il Pil mondiale nel 2021 cresce più del previsto nel mondo e in Italia e lo stesso si stima che accadrà nel 2022. Il sistema agricolo alimentare ha confermato di essere un fattore di sostegno per l'intera economia mentre si stanno rinnovando le politiche agrarie a partire dalla Pac europea e in altri Paesi si stanno studiando nuove politiche per il futuro.

La crisi è una opportunità per aggiornare le politiche agrarie per tenere conto di future emergenze sanitarie e di altro genere.

La relazione affronta una serie di temi alla base delle future Politiche Agrarie, a partire dalla funzione di un'agricoltura sostenibile in grado di fornire una risposta adeguata alla crescente domanda di alimenti. Ciò porta a riconsiderare il rapporto con l'innovazione di processo, di prodotto ed organizzativa del sistema sulla base di uno stretto rapporto con la scienza ed il suo metodo di ricerca. Dovranno essere costruite nuove politiche estere agricole per tenere conto dei rapporti che è necessario instaurare con gli altri Paesi a seguito delle emergenze. Il tutto in una logica di sostenibilità che rispetti, insieme agli altri elementi, i contenuti economici di questo concetto e cioè il reddito agricolo e il benessere della società e dei lavoratori del sistema agricolo alimentare.

## ABSTRACT

*Sustainable Development of Agriculture after Covid-19: Guidelines and Strategies for Agricultural Policies.* Two years after the start of the health and economic crisis caused by Covid-19, it seems that the economy is in better condition than expected even if the prospects remain uncertain due to the protracted pandemic. World GDP in 2021 grows more than expected in the world and in Italy; the forecasts for 2022 also show similar dynamics. The agro food system has proved to be an element of support for the world economy in a period where agricultural policies in the EU and other advanced countries are to be renewed.

The crisis is an opportunity to update agricultural policies to account for future emergencies.

The report addresses a number of issues at the basis of future agricultural policies, starting with the function of sustainable agriculture capable of providing an adequate response to the growing demand for food. This leads to reconsider the relationship with process, product and organizational innovation system based on a close relationship with science and its research method. A completely new agricultural foreign policy must be created to forge links with other countries to be prepared for new emergencies. Sustainability must respects, together with the other elements, the economic issues, that is, the agricultural income and the well-being of society and workers of the agricultural food system.

## BIBLIOGRAFIA

- AMIS (2021): «Market Monitor», n. 90, July 2021, Agricultural Market Information System, Rome, Italy.
- BARREIRO-HURLE J., BOGONOS M., HIMICS M., HRISTOV J., PÉREZ-DOMIGUEZ I., SAHOO A., SALPUTRA G., WEISS F., BALDONI E., ELLEBY C. (2021): *Modelling environmental and climate ambition in the agricultural sector with the CAPRI model. Exploring the potential effects of selected Farm to Fork and Biodiversity strategies targets in the framework of the 2030 Climate targets and the post 2020 Common Agricultural Policy*, EUR 30317 EN, Publications Office of the European Union, Luxembourg, 2021, ISBN 978-92-76-20889-1, doi:10.2760/98160, JRC121368.
- CASATI D. (2021): *Oltre la pandemia, quale futuro per l'agricoltura*, «I Georgofili. Atti della Accademia dei Georgofili», anno 2021, serie VIII, vol. 18, in corso di stampa.
- CATTANEO E. (2021): *Armati di Scienza*, Raffaello Cortina Editore, Milano, pp. 91-98.
- FAO (2021a): *The FAO Food Price Index fell again in July*, in World Food Situation August 2021, Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, Italy.
- FAO (2021b): *The FAO Food Price Index rebounded rapidly in August*, in World Food Situation September 2021, Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, Italy, aggiornamento (<http://www.fao.org/worldfoodsituation/foodpricesindex/en/>).
- IMF INTERNATIONAL MONETARY FUND (2021): *World Economic Outlook, April 2021. Managing Different Recoveries*, April 2021, Washington D.C.
- IGC (2021a): *Grain Market Report 21 July 2021*, International Grains Council, London, United Kingdom.

IGC (2021b): *Grain Market Report 26 August 2021*, International Grains Council, London, United Kingdom.

IMF INTERNATIONAL MONETARY FUND (2021): *“World Economic Outlook, April 2021. Managing Different Recoveries”*, April 2021, Washington D.C.

BARBARA LAZZARO<sup>1</sup>

## Gli eco-schemi della PAC: quale sintesi tra obiettivi ambientali ed esigenze di semplificazione

<sup>1</sup> Direttore Unità Organizzativa Agroambiente Direzione Agroambiente, Programmazione e Gestione ittica e faunistico-venatoria Regione del Veneto

(Sintesi)

La nuova architettura verde della PAC richiederà, nei piani strategici, flessibilità di adattamento alle diverse realtà locali e agronomiche e una maggiore ambizione su ambiente e clima rispetto al precedente periodo («NO BACK-SLIDING»).

L'approccio sarà incentrato sull'ottenimento di risultati, passando dal concetto di «compliance» al concetto di «performance», e riducendo il livello di dettaglio applicativo delle regole. Nei nuovi regolamenti, quindi, non saranno più presenti elenchi di opzioni, esenzioni e valori numerici. La pianificazione dovrà rispondere, per prima cosa, alla analisi SWOT e alla valutazione delle Esigenze.

La semplicità di gestione e controllo degli ecoschemi è un requisito imprescindibile alla luce della maggiore complessità attuativa derivante dall'approccio programmatico basato sull'integrazione tra primo e secondo pilastro. Anche la digitalizzazione può ottimizzare la gestione degli impegni, sostituendo i controlli in loco.

Gli ecoschemi si correlano direttamente ai requisiti dettati dalla Green Box della WTO, che stabiliscono un importo di pagamento «limitato ai costi aggiuntivi o alla perdita di reddito connessi al rispetto di un determinato programma (ambientale)» (art. 12, All 2 dell'Accordo sull'Agricoltura). Il sostegno, di cui all'art. 28 della proposta di regolamento, è limitato all'agricoltore attivo e sull'ettaro definito «ammissibile». La tipologia di sostegno può essere aggiuntiva rispetto al sostegno al reddito di base, o compensativa dei costi aggiuntivi sostenuti e del mancato guadagno dovuto all'adesione degli impegni.

*The new green architecture of the CAP will require, in the strategic plans, flexibility to adapt to different local and agronomic realities and greater ambition on the*

*environment and climate than in the previous period ('NO BACK-SLIDING'). The approach will focus on obtaining results, moving from the concept of "compliance" to the concept of "performance", and reducing the level of application detail of the rules. In the new regulations, therefore, there will no longer be lists of options, exemptions and numerical values. Planning will have to respond, first of all, to the SWOT analysis and the evaluation of the Needs. The simplicity of management and control of eco-schemes is an essential requirement in light of the greater implementation complexity deriving from the programmatic approach based on the integration between the first and second pillars.*

*Digitalization can also optimize the management of commitments, replacing on-the-spot checks. The eco-schemes relate directly to the requirements dictated by the WTO Green Box, which establish a payment amount «limited to the additional costs or loss of income related to compliance with a certain (environmental) program» (Art. 12, All 2 of the Agreement on Agriculture). The support provided for in Article 28 of the proposal for a Regulation is limited to the active farmer and on the hectare defined as "eligible". The type of support may be additional to basic income support, or compensatory for the additional costs incurred and the loss of earnings due to the implementation of commitments.*

FABRIZIO MAZZETTO<sup>1</sup>

## Dal precision farming alla smart agriculture: linee guida per l'agricoltura del futuro

<sup>1</sup> Libera Università di Bolzano

(Sintesi)

Per cogliere appieno le opportunità che vengono dalle varie innovazioni offerte dalla digitalizzazione in agricoltura, è necessario chiarire terminologie e contenuti delle fasi tecnologiche che negli anni si sono susseguite, partendo dal Precision Farming e dalla cosiddetta agricoltura “sito-specifica”, per passare all'enorme spinta indotta dall'Industria 4.0 – con le sue esigenze di iper-connettività e approcci cibernetici – approdando infine alle logiche dello Smart Farming e alle aspettative per una imminente robotizzazione del settore. Si tratta di un percorso ormai trentennale, che tuttavia ha ancora oggettive difficoltà a decollare a livello di agricoltura di massa. Tale percorso è sotteso da un filo conduttore che accomuna le diverse fasi, costituito da: la possibilità di migliorare le condizioni di sostenibilità ambientale del settore agricolo, da un lato; le strategie che rendono non più procrastinabile l'introduzione di sistemi informativi ad hoc nella conduzione delle varie tipologie di imprese agro-ambientali, dall'altro.

L'analisi si propone di impostare una visione di settore per la progettazione e gestione di nuove infrastrutture tecnologiche e informatiche, sottolineando il ruolo dell'informazione come mezzo di produzione, nonché la necessità di una sua “automazione integrale” tramite i sistemi informativi stessi, analizzando struttura e funzioni concettuali, possibili componenti e loro integrazioni nelle macchine agricole convenzionali, con conseguenti complessità strutturali e gestionali.

*From Precision Farming to Smart Agriculture: guidelines to move towards the agriculture of the future. To take full advantage of the opportunities offered by the various innovations linked to agriculture digitalisation, it is necessary to*



*clarify terminologies and contents of the technological phases that have followed one another over the years, starting with Precision Farming and the so-called “site-specific” agriculture, moving through the enormous push brought about by Industry 4.0 – with its demands for hyper-connectivity and cybernetic approaches – and finally arriving to the logic of Smart Farming and the expectations for the imminent robotisation of the sector. This is a path that has been going on for thirty years now, but which still has objective difficulties in taking off at the level of mass agriculture. This path is underpinned by a common thread that links the various phases, consisting of: on one side, the possibility of improving the conditions of environmental sustainability of the agricultural sector; on the other side, the strategies that make it no longer possible to postpone the introduction of ad hoc “farm information systems” in the management of the various types of agro-environmental enterprises.*

*The analysis proposes to set out a vision of the sector for the design and management of new technological and information infrastructures, emphasising the role of information as a means of production, as well as the need for its “integral automation” through information systems themselves, analysing their structure and conceptual functions, possible components and their integration in conventional agricultural machinery, with related structural and management complexities.*

SANDRO LIBERATORI<sup>1</sup>

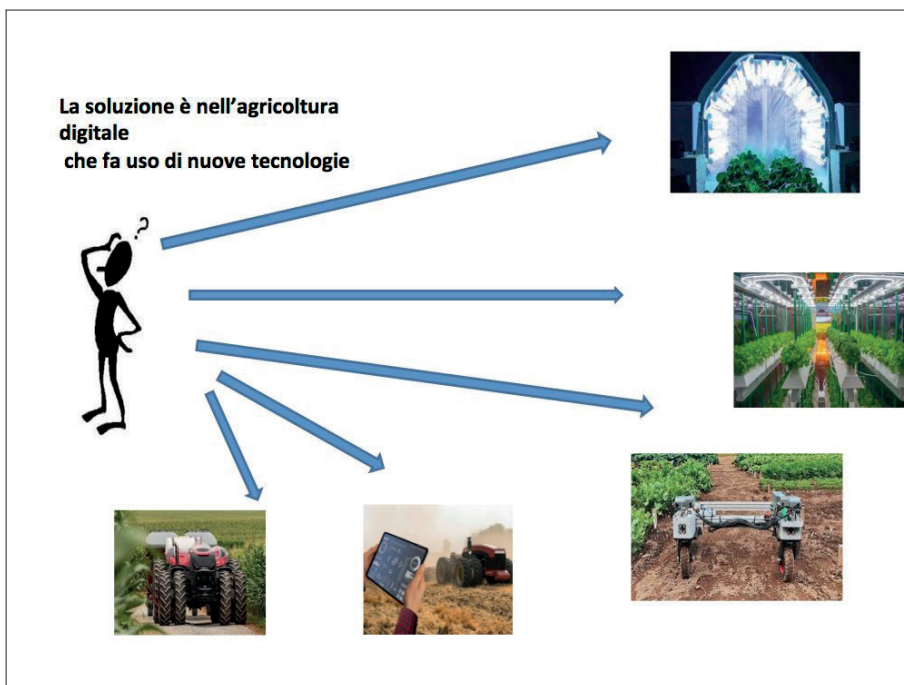
## La certificazione dell'agricoltura digitale

<sup>1</sup> Direttore ENAMA

Nei prossimi anni si assisterà a un progressivo incremento della popolazione mondiale e secondo i dati delle Nazioni Unite nel 2050 saremo 10 miliardi. Ciò richiederà un inevitabile aumento del fabbisogno alimentare che è stimato in oltre il 50% di quanto si consuma attualmente e contestualmente occorrerà porre in essere le sempre più stringenti misure di sostenibilità ambientale per non incorrere nelle note problematiche che rischiano seriamente di causare danni irreversibili. Inoltre, occorre aggiungere le sempre più stringenti normative in campo sanitario che la recente emergenza internazionale ha reso più cogenti.

Per affrontare queste importanti sfide l'unico percorso concreto che potrà avere buoni risultati coniugando le diverse esigenze ci viene offerto dalle nuove tecnologie. Infatti, mettere insieme criteri di aumento delle produzioni agroalimentari contestualmente a una maggiore tutela ambientale potrà avvenire soltanto attraverso l'utilizzo di nuovi approcci e quindi nuove tecnologie in grado di ottenere i risultati attesi con criteri innovativi.

Alcuni esempi possono aiutare a meglio comprendere tali aspetti come ad esempio il *vertical farming* che consente di sfruttare al massimo le superfici disponibili oppure l'uso della robotica che, riducendo l'impatto umano sulle colture, consente di assicurare una maggiore sicurezza sanitaria nonché l'ottimizzazione degli interventi colturali e molto di più. Ma tutto questo non è sufficiente in quanto occorre anche sviluppare nuovi approcci come ad esempio quelli che ci vengono dagli incoraggianti risultati sull'uso degli UV per la protezione delle colture. Tale tecnologia costituisce un passaggio fondamentale in quanto consente di passare dall'uso della chimica per il controllo di alcuni patogeni all'uso della fisica con evidenti vantaggi in termini di costi e di impatto ambientale. I dati sull'uso mondiale dei fitofarmaci non sono inco-



raggianti così come recenti indagini su alcuni prodotti e ridurre drasticamente la loro applicazione dando spazio a trattamenti con “lampade” porterà a indubbi vantaggi. Alcune sperimentazioni, soprattutto sui piccoli frutti, hanno dimostrato che sono possibili riduzioni dei fitofarmaci superiori all’80 % ed è facile immaginare il vantaggio per l’ambiente e anche sui potenziali residui sulle produzioni offrendo così una maggiore qualità e un probabile maggiore prezzo sul mercato.

Se poi a tutto questo associamo l’uso di robot che interpretano le immagini e guidano il trattamento, chimico e fisico, verso le zone a maggior rischio i vantaggi economici e ambientali diventano notevoli. Questo presuppone però un uso integrato delle tecnologie che faciliti il dialogo tra loro e consenta da un lato di assicurare una tracciabilità di quanto effettuato in termini di dosaggi, collocazione fisica e temporale e dall’altro una corretta gestione dei dati.

Con questo banale esempio abbiamo in qualche modo ripreso quanto già avviene in alcune realtà aziendali e che potrà avvenire su scala diffusa a breve grazie anche alla progressiva riduzione dei costi delle diverse tecnologie. È, infatti, noto e storicamente comprovato che le nuove tecnologie se al momento dell’introduzione sul mercato hanno costi spesso inaccessibili poi

con il tempo diventano alla portata di tutte le imprese semplificando anche la gestione. Chi avrebbe mai immaginato venti anni fa di poter avere applicazioni su banali cellulari in grado di fornirci le informazioni o i servizi più impensabili.

Con quanto illustrato abbiamo in qualche modo appurato che la tecnologia ci verrà incontro come soluzione alle esigenze di aumento delle produzioni e di maggiore rispetto ambientale.

Occorre però stabilire alcune regole con cui la tecnologia potrà essere gestita e utilizzata proprio per evitare che sia possibile un uso improprio. Numerose sono, infatti, le possibilità per trarre profitto da un uso improprio della tecnologia grazie, ad esempio, al valore intrinseco dei dati sulle produzioni che potranno consentire a soggetti terzi di conoscere in anticipo quanto, quando e dove ci sarà una determinata produzione fissando così il prezzo in largo anticipo rispetto al momento in cui il prodotto sarà sul mercato consentendo, di conseguenza, ogni tipo di speculazione finanziaria. Quindi uno dei temi fondamentali sarà quello della corretta gestione dei dati non solo a livello locale o nazionale ma soprattutto a livello internazionale attraverso l'adozione di regole condivise.

Altro tema importante è quello della corretta scelta delle tecnologie che oggi offre il mercato che sono estremamente diversificate e ancora non sono a disposizione degli imprenditori strumenti idonei per effettuare una corretta scelta che non sia influenzata da chi ha interesse a offrire il prodotto sul mercato. Alcune casistiche dimostrano gli indubbi vantaggi ma sono ancora molto limitate. I diversi sistemi a guida autonoma non sempre dialogano correttamente con le mappe fornite e/o con le macchine operatrici che devono poi svolgere il lavoro sul campo e il compito di "tradurre" le informazioni è quindi spesso demandato all'operatore che deve essere sul posto per le conseguenti opportune verifiche.

Un sistema completamente autonomo dovrebbe essere in grado di produrre mappe, interpretarle secondo precisi algoritmi che considerino i potenziali rischi in relazione alle diverse località e colture e che siano in grado di attivare e segnalare a macchine a guida autonoma dove andare, cosa fare e in che modo farlo. Un esempio in un vigneto ci può essere di aiuto. Un drone periodicamente produce immagini del vigneto che vengono analizzate ed elaborate al fine di ottenere informazioni sullo stato vegetativo e sul rischio potenziale di insorgenza di patologie. Al verificarsi di una condizione di rischio si identificano le zone a maggiore probabilità di sviluppo del patogeno o dove si sta già sviluppando il patogeno e viene dato il comando a un robot di dirigersi in quelle zone per effettuare i trattamenti, chimici o meglio fisici con UV se possibile per contenere la patologia. Tutto questo viene poi accuratamente

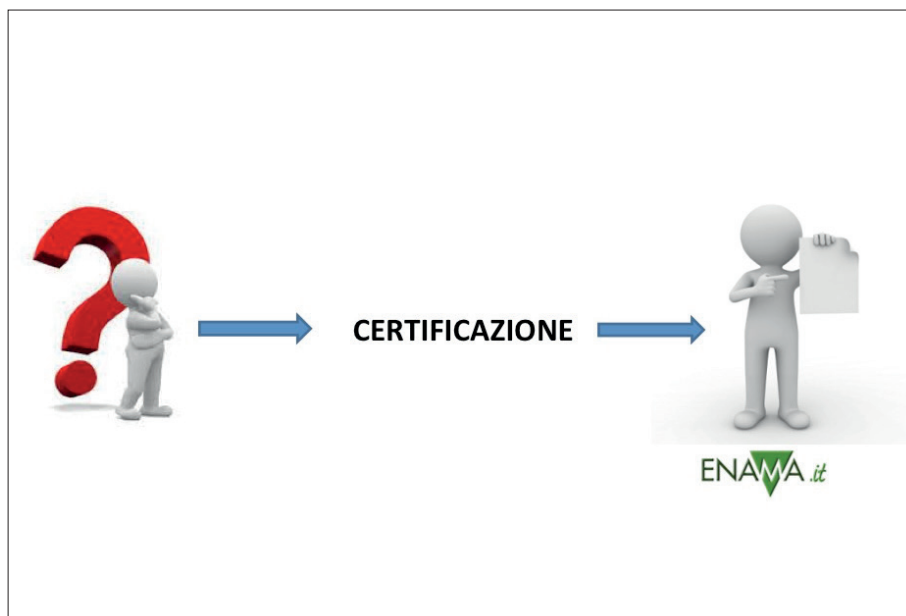
registrato per garantire quella necessaria tracciabilità e qualità quando il prodotto sarà sul mercato.

Le difficoltà stanno nel reperire gli strumenti per una sequenza completamente automatizzata in cui le varie fasi siano in grado di instaurare un perfetto dialogo e scambio di dati tra loro come quella appena descritta. Se è vero che ci sono tutti gli strumenti necessari non sempre è vero che questi operino con la dovuta sinergia ed efficienza costringendo l'utente a ricorrere frequentemente all'assistenza limitandone così i vantaggi conseguibili.

Pertanto le due principali problematiche sono costituite dalla corretta gestione dei dati e dalla performance tecnica in termini di capacità di dialogo e gestione dei dati nonché di reale vantaggio competitivo rispetto alle tecnologie già in uso. Su questi aspetti è indispensabile e urgente disporre di idonei strumenti atti a garantire la corretta gestione delle informazioni in termini di riservatezza e un efficace accertamento delle reali performance al fine di garantire il corretto funzionamento e la conseguente altrettanto corretta valutazione dell'investimento.

La certificazione è, infatti, uno strumento che consente da un lato di verificare le reali performance di un prodotto inteso anche come tecnologia e dall'altro di garantire una corretta gestione di informazioni. Come noto la certificazione avviene attraverso la verifica del rispetto di precisi requisiti e procedure a opera di tecnici esperti e successive verifiche periodiche atte ad attestare il mantenimento nel tempo dei requisiti. Il tutto è poi valutato da una ulteriore commissione di esperti che valuta l'intero operato prima di rilasciare i certificati. Questa è in sintesi la certificazione che quindi garantisce le intere filiere coinvolte.

Nel caso specifico avere la possibilità di disporre di uno strumento in grado di attestare un corretto uso delle informazioni a vantaggio della collettività e non di pochi peraltro spesso estranei allo specifico comparto produttivo e di valutare le reali caratteristiche tecniche di un prodotto costituisce la soluzione per una corretta scelta delle tecnologie migliori per una specifica realtà produttiva. Se ci poniamo dalla parte di una impresa agricola che deve effettuare degli investimenti dovremo avere a disposizione strumenti che da un lato ci diano delle garanzie che tutte le informazioni verranno usate solo agli scopi richiesti dall'impresa, come ad esempio produrre di più e con maggiore sostenibilità ambientale, e che le tecnologie scelte siano le più efficienti per la specifica realtà. Offrire quindi un maggior punteggio in sede di selezione per la concessione di contributi (PNRR, PSR ecc.) alle tecnologie certificate è una condizione fondamentale per garantire quanto sopra esposto nonché per ottimizzare la spesa pubblica. Ne è un esempio il PSR della regione Veneto che ha incluso nella Misura 4 – interventi di immobilizzazioni materiali, 4.1 – Soste-



gno a investimenti nelle aziende agricole, 4.1.1 – Investimenti per migliorare le prestazioni e la sostenibilità globale dell’azienda agricola, uno specifico riferimento alle macchine certificate, riconoscendo un maggiore punteggio alle macchine per la protezione delle colture certificate ovvero con prestazioni che siano state accertate da un organismo terzo sulla base di precise procedure.

La certificazione volontaria assume in tale contesto un ruolo importante in tema di salvaguardia della salute dell’operatore, del cittadino e dell’ambiente.

Tale disposizione ha consentito di migliorare notevolmente l’efficienza delle nuove macchine che essendo dotate di certificazione garantiscono una sicurezza e funzionalità ottimali. In caso contrario tutte le macchine, e lo stesso discorso si può applicare alle nuove tecnologie, sono dotate per legge della nota marcatura *CE* che non garantisce il rispetto dei requisiti prestazionali e di sicurezza ma è basata su una semplice autodichiarazione del produttore. Su questo argomento molto si è discusso ma altri Paesi da tempo adottano requisiti stringenti come quelli, per rimanere nel campo delle macchine per la protezione delle colture, sulla deriva obbligando di fatto i costruttori a effettuare prove differenti in relazione alle modalità e zone di uso delle macchine.

In conclusione è ormai accertato che l’unica strada percorribile per il conseguimento degli obiettivi sempre più stringenti sulle tematiche produttive, ambientali e di sostenibilità sia quella del ricorso alle nuove tecnologie che

nel settore agricolo possono rivoluzionare il modo di produrre e gestire le imprese. È uno scenario che abbiamo già visto in altri settori dove nel giro di pochi anni si è passati a nuovi sistemi come ad esempio nel settore delle comunicazioni dove da apparecchi fissi e collegati con cavi si è passati in pochi anni non solo a poter comunicare senza alcun collegamento fisico ma addirittura a poter gestire complesse applicazioni che ci consentono di avere a disposizione tutte le informazioni desiderate. A ciò va aggiunta l'importante considerazione che i costi delle nuove tecnologie tendono a ridursi drasticamente con il loro diffondersi a vantaggio delle utenze. Occorrono però regole chiare e condivise per evitare un uso non corretto delle informazioni e al contempo strumenti in grado di fornire le necessarie garanzie di funzionamento e vantaggio competitivo. La certificazione è indubbiamente lo strumento che consente di offrire tutte le necessarie garanzie agli utenti e al settore pubblico. L'ENAMA e la sua società di servizi ENAMA Servizi da tempo hanno focalizzato l'attenzione sulle attività di certificazione contribuendo concretamente allo sviluppo di nuove linee di meccanizzazione agricola e relative tecnologie come ad esempio il protocollo di dialogo tra motrice e operatrice denominato ISOBUS. Nei prossimi anni nuove attività saranno sviluppate in questo settore proprio per offrire un efficace contributo nelle direzioni che sono state dettagliatamente illustrate nella presente relazione.

#### RIASSUNTO

È ormai accertato che l'agricoltura dovrà rispondere a requisiti qualitativi e quantitativi al fine di poter fornire alimenti a sufficienza per la popolazione mondiale. Per affrontare questa sfida sarà indispensabile avere a disposizione nuove tecnologie in grado di massimizzare i bilanci energetici delle colture e di assicurare al contempo quantitativi adeguati e soprattutto di qualità dal punto di vista nutrizionale, di sostenibilità ambientale e di sicurezza sanitaria. Numerose sono le tecnologie già disponibili che consentono di conseguire tali ambiziosi risultati ma sono altresì necessari idonei strumenti in grado di guidare gli imprenditori e il decisore politico verso le scelte più efficaci e rispondenti alle esigenze territoriali nonché per ottimizzare gli investimenti. La certificazione delle tecnologie è uno strumento fondamentale per risolvere tali problematiche potendo fornire dati certi sulle reali prestazioni, sulla sicurezza (ambientale, sanitaria e dell'uomo) nonché sull'efficacia degli investimenti soprattutto per quanto riguarda la compatibilità tra i vari sistemi. La certificazione dovrà poi essere accompagnata da politiche incentivanti al fine di creare un effetto sinergico volto a una spesa ottimale a beneficio di tutti gli stakeholders industriali e, soprattutto, agricoli ed agro-meccanici.

Fondamentale sarà altresì assicurare sistemi che garantiscano una corretta gestione dei dati per evitare speculazioni basate sulla disponibilità di previsioni sulle produzioni ad opera di soggetti esterni al settore agricolo e anche qui la certificazione potrà fornire un efficace contributo.

## ABSTRACT

*Certification of Digital Farming.* It is well assessed that agriculture will have to meet qualitative and quantitative requirements in order to be able to provide enough food for the world population. To face this challenge, it will be essential to have new technologies available that can maximize the energy balances of crops and at the same time ensure adequate quantities and above all of quality from a nutritional, environmental sustainability and health safety point of view.

There are many technologies already available that make it possible to achieve these ambitious results, but suitable tools are also needed to guide entrepreneurs and the political decision-maker towards the most effective choices and responsive to local needs as well as to optimize investments.

The certification of technologies is a fundamental tool for solving these problems, being able to provide reliable data on real performances, safety (environmental, health and human) as well as on the effectiveness of investments, especially as regards the compatibility between the various systems.

The certification must then be accompanied by incentive policies in order to create a synergistic effect aimed at an optimal expenditure for the benefit of all industrial and, above all, agricultural and agro-mechanical stakeholders.

It will also be fundamental to ensure systems that guarantee correct data management to avoid speculation based on the availability of forecasts on production by subjects outside the agricultural sector and here, too, certification can provide an effective contribution.



GIANLUCA BRUNORI<sup>1</sup>

## I sistemi di conoscenza di fronte alla transizione ecologica e digitale

<sup>1</sup> Professore Ordinario Università di Pisa, Accademia dei Georgofili

(Sintesi)

La strategia From farm to Fork rappresenta lo strumento operativo per attuare il Green Deal nel settore agricolo. Il raggiungimento dei suoi obiettivi, estremamente ambiziosi ancorché fondamentali al raggiungimento degli obiettivi del Green Deal, richiederà importanti cambiamenti nei sistemi produttivi, cambiamenti che comporteranno una revisione radicale delle pratiche agricole e dei paradigmi scientifici alla loro base, dei modelli di business, delle relazioni tra imprese, dei rapporti con le amministrazioni locali e la società civile. Nel documento si sottolinea l'importanza delle tecnologie digitali quale strumento importante per conseguire tali obiettivi. Inoltre, esso fa riferimento ai sistemi di conoscenza e di innovazione (AKIS) quale strumento fondamentale per raggiungere questi obiettivi. La relazione discuterà le seguenti domande: quali sono le caratteristiche che i sistemi della conoscenza e di innovazione dovranno assumere per essere il motore della transizione? In che modo la trasformazione digitale potrà investire i sistemi di conoscenza perchè a loro volta essi possano incoraggiare la digitalizzazione di tutto il settore?

*The “From farm to Fork” strategy is the operational tool to implement the Green Deal in the agricultural sector. The achievement of its objectives, which are extremely ambitious even if they cannot be postponed, will require important changes in production systems, changes that will involve a radical revision of agricultural practices and scientific paradigms at their base, business models, relations between companies, relations with local administrations and civil society. The document underlines the importance of digital technologies as a key for achieving these objectives. In addition, it refers to Knowledge and Innovation Systems (AKIS) as a key driver of the transformation. The report will discuss the following questions: what*

*are the characteristics that knowledge and innovation systems will have to assume to be the engine of transition? How can digital transformation affect knowledge systems so that they in turn can encourage the digitalization of the entire sector?*

## Considerazioni conclusive

La pandemia, nella sua duplice natura sanitaria ed economica, sembra aver raggiunto una fase nuova con una ripresa economica che mostra di avere le potenzialità necessarie per proseguire e per costituire una base di ripartenza per un futuro meno incerto alla luce dell'esperienza attraversata in questo biennio. La Giornata in questo senso ha cercato di fornire risposte a una serie di tematiche che riguarderanno più da vicino la ripresa dell'agricoltura nel quadro di quella più generale che il mondo sta attraversando. Per rispondere a questa esigenza che si avverte fortissima ha voluto affrontare e discutere alcuni elementi chiave del futuro che verrà e che deve essere più consapevole di problematiche come quelle a cui la pandemia ha improvvisamente e crudamente richiamato l'umanità.

Questo obiettivo molto complesso è emerso con grande chiarezza nel percorso tracciato dagli interventi che si sono susseguiti e che hanno toccato molte tematiche, in apparenza lontane e differenziate, in realtà fortemente interconnesse. La Giornata ha voluto sviluppare una sorta di Agenda essenziale di alcuni dei traguardi da raggiungere per poter costruire un futuro diverso per l'agricoltura, partendo dalla sua essenziale funzione di sostegno alla vita umana in un mondo in rapida evoluzione e sottoposto a shock di grande portata.

Il percorso si è aperto con una revisione delle politiche agrarie attuali nella prospettiva immediata dell'implementazione di nuovi periodi di attuazione delle stesse, ad esempio, nella Ue e negli Usa oltre che in altri Paesi. L'occasione presentata da questa coincidenza con revisioni obbligate e previste induce a ritenere che le nuove politiche agrarie debbano essere riviste proprio introducendo le molteplici lezioni della pandemia e quindi non possano essere la semplice continuazione di quelle precedenti e già impostate concettualmente.

Un passaggio successivo è stato costituito dalla dettagliata analisi concreta di un nuovo modo di concepire un'agricoltura sostenibile attraverso gli eco-schemi che sono in via di approvazione e che rappresentano una vera novità nell'impianto del contenuto ambientale della Pac per gli anni 2023/2027.

Nella prospettiva delle reali possibilità di azione degli imprenditori agricoli il successivo contributo è stato apportato da un imprenditore agricolo sulle nuove prospettive aperte dall'introduzione delle tecnologie digitali e sulla reale possibilità di impiego nel contesto europeo a fronte di scenari che sono improvvisamente divenuti per molti aspetti più ampi e imprevisi.

È stato affrontato quindi il complesso approccio della definizione e certificazione della digitalizzazione del sistema produttivo agricolo rafforzata dall'obiettivo generale delle politiche comunitarie con i contenuti degli obiettivi prioritari del Pnrr in attivazione nell'intera Ue.

Le tematiche della evoluzione che l'agricoltura dovrà affrontare nel prossimo futuro per allinearsi agli obiettivi generali delle politiche comunitarie e delle conseguenti ricadute e adattamenti in ambito agricolo sono state oggetto di un'approfondita analisi che ha consentito di definire e collocare nell'attuale contesto le evoluzioni del settore agricolo e alimentare viste nel contesto della parallela evoluzione dei processi produttivi.

La Giornata si è conclusa con l'ultimo contributo che ha costituito un ideale ritorno alle politiche agrarie discusse inizialmente e che si è sviluppato con una riflessione sulla necessità di aggiornare i sistemi della conoscenza e dell'innovazione alla luce delle sfide della transizione ecologica e digitale presenti nelle politiche agrarie nel prossimo futuro.

# Resilienza, circolarità e sostenibilità in agricoltura

7 settembre 2021

## Programma

9.30 - *Saluti istituzionali*

Coordina: Simone Orlandini

9.45 - Relazioni

STEFANIA DE PASCALE

*Agricoltura circolare: opportunità e criticità*

NICOLA LUCIFERO

*La sostenibilità nella filiera agroalimentare: il quadro normativo tra criticità applicative e prospettive*

LUIGI FRUSCIANTE

*Ruolo delle nuove tecniche di miglioramento genetico all'adattamento e alla gestione ecocompatibile*

SIMONE ORLANDINI

*La sostenibilità nei sistemi agrari*

RAFFAELLO GIANNINI

*La sostenibilità nei sistemi forestali*

PAOLO SCKOKAI

*Nuovi modelli di consumo*

12.30 - *Conclusione dei lavori*

STEFANIA DE PASCALE<sup>1</sup>, ALBINO MAGGIO<sup>1</sup>

## Agricoltura circolare: opportunità e criticità

<sup>1</sup> Dipartimento di Agraria, Università degli Studi di Napoli Federico II

### INTRODUZIONE

L'agricoltura nei prossimi decenni dovrà affrontare una grande sfida: sfamare 10 miliardi di persone che abiteranno la Terra nel 2050 utilizzando le risorse in modo più efficiente. L'agricoltura attuale applica i principi dell'economia lineare: prende, usa e getta, ha bisogno di apporti continui dall'esterno di materie prime che vanno esaurendosi, e produce rifiuti che, se non smaltiti correttamente, contribuiscono a inquinare acqua e suolo. Un sistema agricolo così concepito non è sostenibile ed è destinato al collasso sotto la crescente pressione demografica a cui si aggiungono i cambiamenti climatici e il consumo delle risorse naturali che procede a un tasso senza precedenti, rendendo ancora più incerto il futuro della produzione agricola. L'alternativa al sistema lineare è una economia detta "circolare" che si basa sulla riduzione dell'uso di risorse non rinnovabili e la valorizzazione degli scarti, oltre che sulla estensione della vita utile dei prodotti. I principi dell'economia circolare trovano origine nel sistema industriale, ma si sono rapidamente diffusi in tutti i settori produttivi fino a diventarne parte essenziale delle politiche economiche di sviluppo europee. Il settore agricolo offre grandi opportunità per l'implementazione dei principi di circolarità; tuttavia, affinché l'interpretazione di tali principi si traduca in una transizione che apporti benefici sociali, ambientali ed economici, occorre affrontare e superare le criticità legate alla loro applicazione in agricoltura.

## PRINCIPI FONDAMENTALI DELL'ECONOMIA CIRCOLARE

La prima definizione formale di economia circolare è stata introdotta da Pearce e Turner (1990) per spiegare la possibilità di chiudere i processi industriali tenendo conto degli aspetti ambientali dell'economia. L'introduzione di una stretta dipendenza tra economia e ambiente è stata seguita dal concetto di *industrial ecology* (ecologia industriale) che guarda a un *network* di processi industriali con minimo spreco di risorse (Ausbel, 1994). Su queste basi sono state proposte altre definizioni di economia circolare (Rizos et al., 2017) che enfatizzano vari aspetti di un sistema complesso in cui la componente economica, sociale e ambientale hanno uguale importanza e devono, pertanto, essere analizzate non singolarmente e indipendentemente ma con un approccio integrato finalizzato a realizzare un progresso sostenibile. La Ellen MacArthur Foundation (2013; 2017), riassumendo molti aspetti sostanziali dell'economia circolare, la definisce come un sistema che fa un uso efficiente delle risorse dove *input* e *output* sono utilizzati in maniera circolare e gli *output* diventano a loro volta *input*. Un sistema “perfetto” di economia circolare si basa sui seguenti principi: 1) “gli sprechi/rifiuti alimentari sono cibo” nel senso che possono essere riutilizzati/riciclati; 2) l'energia deve provenire da risorse rinnovabili; 3) il “prezzo deve dire il vero” e riflettere i costi di produzione inclusi quelli ambientali; 4) si deve operare secondo una “visione di sistema” così che le risorse, inclusi i rifiuti, siano utilizzate nella maniera più efficiente in ogni punto del sistema.

L'economia circolare è oggi uno dei principi fondamentali delle politiche economiche europee (si veda il *Green Deal* Europeo), ma la stessa Unione Europea (UE) ha evidenziato nella comunicazione del 2015 “L'anello mancante. Piano d'azione dell'Unione Europea per l'economia circolare” alcuni limiti all'implementazione dell'economia circolare, che vanno considerati nel processo di transizione:

- gli studi disponibili adottano approcci diversi nel calcolo dell'impatto di una transizione verso un'economia circolare, che rende difficile il confronto dei risultati ottenuti;
- è necessaria maggiore chiarezza sui settori e applicazioni che rispondono a scopi e principi dell'economia circolare. Questo è essenziale per definire conclusioni coerenti sui potenziali effetti dell'economia circolare;
- l'applicazione di principi di economia circolare a un settore deve considerare attentamente tutti i parametri che possono avere un ruolo nella sostenibilità complessiva del processo circolare in sostituzione di uno lineare, al fine di evitare messaggi semplicistici;



- è importante fare chiarezza sull'impatto netto atteso in termini di occupazione nei diversi settori. Ciò aiuterebbe a definire misure di politica idonee a gestire una transizione verso un'economia circolare contenendo eventuali impatti negativi;
- l'impatto dell'economia circolare in termini di numero di posti di lavoro è stato ampiamente analizzato ma è necessaria una valutazione più approfondita sull'impatto sociale e altre conseguenze indirette sulle prospettive occupazionali;
- è necessario comprendere gli effetti indiretti dell'economia (es. sulla catena del valore e/o sui modelli di spesa per consumi) al fine di stimare gli impatti complessivi a livello nazionale o dell'UE.

Alla luce delle criticità evidenziate dall'UE emerge quindi la necessità di proporre modelli che contestualizzino i percorsi e quindi le scelte strategiche verso un'economia circolare. Le molteplici possibilità di applicazione dei principi di circolarità in agricoltura vanno, quindi, relazionate all'economia territoriale, alle risorse che essa offre e ai sottoprodotti che più processi produttivi mettono a disposizione come risorsa da rimettere in circolo (De Pascale e Maggio, 2021).

## ENERGIA

Negli ultimi decenni, l'aumento dei consumi energetici ha contribuito in modo significativo a sfamare il mondo (FAO, 2013). Attualmente, il settore agroalimentare rappresenta circa il 30% del consumo totale di energia a livello globale ed è fortemente dipendente dai combustibili fossili il cui uso è una delle principali cause del cambiamento climatico (Radenahmad et al., 2020). L'aumento della produzione alimentare per soddisfare le esigenze di una popolazione mondiale in crescita comporterà un ulteriore incremento del consumo di energia e dell'impatto negativo che il settore ha sull'ambiente. Una gestione efficiente delle fonti energetiche e la diversificazione attraverso l'uso di energie rinnovabili sostenibili può ridurre la dipendenza dai combustibili fossili, aumentare l'approvvigionamento e facilitare l'accesso all'energia e ridurre l'impatto ambientale. Un caso studio di successo che ha messo a frutto questi principi, armonizzandoli in un'efficace partnership pubblico-privato, è il progetto *Green Farm*. L'idea, finanziata dal Fondo per la Crescita Sostenibile [Sportello "AGRIFOOD" PON I&C 2014-2020, Partner: Graded S.p.A. (Capofila), Costruzioni Motori Diesel S.p.A. e Dipartimento di Agraria - Università di Napoli Federico II (responsabile tecni-

co-scientifico) con la collaborazione del CNR (Istituto Motori e Istituto Ricerche Combustione)], propone un modello di radicale trasformazione della produzione agricola basato sull'efficientamento energetico e lo sfruttamento delle risorse localmente disponibili (De Pascale et al., 2021). I principi dell'economia circolare appartengono fortemente alla tradizione del mondo agricolo: i residui della potatura, per esempio, sono stati da sempre utilizzati per la produzione di energia per riscaldare le case rurali. Il territorio è, quindi, fonte di approvvigionamento di biomassa ma il suo potenziale produttivo, ai fini energetici, va caratterizzato e inquadrato in una realistica analisi costi-benefici. La contestualizzazione territoriale è a sua volta intimamente connessa ai possibili campi applicativi. Per cui l'efficientamento energetico applicato alle attività agricole parte dall'analisi quanti-qualitativa delle risorse localmente disponibili, dall'energia "sostenibile" che queste possono fornire e dai sistemi produttivi che possono utilizzarla efficientemente. Va tuttavia sottolineato che lo sviluppo di modelli di transizione verso un'economia circolare deve inevitabilmente capitalizzare su soluzioni innovative che consentano di reimmettere i materiali biologici nel ciclo produttivo con l'ausilio di tecnologie che ne massimizzino l'utilizzazione prima dello smaltimento. Il progetto *Green Farm*, in linea con quanto premesso, intende sviluppare un modello di circolarità e incremento della sostenibilità in agricoltura che coniughi la produzione, la gestione e l'utilizzo di energia da sole fonti rinnovabili, con la valorizzazione degli scarti derivanti dai singoli processi produttivi. Il progetto *Green Farm*, in corso di attuazione presso un'azienda agricola sperimentale di proprietà del Dipartimento di Agraria dell'Università degli Studi di Napoli Federico II situata nel Comune di Castel Volturno (CE), si sviluppa sui due principi fondamentali: l'efficientamento energetico e l'applicazione di tecnologie innovative *green* per l'implementazione dei principi di economia circolare in agricoltura e, in particolare, in coltura protetta. Nel sistema economico nazionale, infatti, l'ortofloricoltura protetta rappresenta un settore strategico di sviluppo del territorio. In questo ambito, il progetto mira a incrementare la sostenibilità delle filiere produttive protette attraverso la riduzione dei costi necessari al condizionamento climatico grazie all'uso di fonti energetiche rinnovabili (Zhang e Kacira, 2020). In questo sistema, l'energia è ottenuta mediante una configurazione innovativa per la generazione combinata di energia termica ed elettrica grazie a un pirogas-sificatore di biomasse di diversa natura containerizzato (e quindi mobile) e integrato con sistemi di accumulo e pannelli fotovoltaici. La diversa origine della biomassa utilizzata per la generazione di energia è una caratteristica unica del sistema. Altra caratteristica dell'impianto è la produzione di materiali di "scarto" valorizzabili lungo la filiera agricola: biochar e CO<sub>2</sub>. Il bio-

char, ottenuto dalla pirolisi di diversi tipi di biomassa vegetale, oltre a essere usato come ammendante dei suoli agricoli o per la produzione di substrati per l'ortofloricoltura, ha numerosi altri impieghi quale additivo negli alimenti per animali, come materiale isolante, come filtro per la purificazione delle acque e dei suoli o per assorbire sostanze organiche volatili o, infine, per la produzione di supercondensatori o pseudocondensatori per l'accumulo di energia elettrica (Biederman e Harpole, 2012). Oltre alla caratterizzazione e alla valorizzazione del biochar, il progetto prevede il recupero della CO<sub>2</sub> prodotta dall'impianto per la concimazione carbonica in serra (la CO<sub>2</sub> da scarto diventa risorsa). *Green Farm* è, quindi, un esempio di uso integrato di fonti energetiche rinnovabili (i.e. energia solare, colture da energia utilizzate per recupero di aree marginali o per il fitorisanamento ambientale, biomasse lignocellulosiche di scarto di diversa origine) ma anche di valorizzazione eco-compatibile dei rifiuti generati dalla produzione di energia che vengono riutilizzati in agricoltura.

#### SOSTANZA ORGANICA E NUTRIENTI

Nell'ultimo secolo, a causa di una gestione poco attenta dei suoli, si stima sia stato perso complessivamente il 60% della sostanza organica originariamente presente. Questo fenomeno, oltre a ridurre la fertilità dei suoli agrari, ha contribuito all'incremento dei gas serra nell'atmosfera. La perdita di sostanza organica, tra gli altri effetti, comporta la perdita di struttura e la riduzione della capacità del suolo di trattenere l'acqua favorendo fenomeni di erosione e la lisciviazione degli elementi minerali contribuendo così ai fenomeni di dissesto idrogeologico e all'inquinamento delle falde. Altro fattore indispensabile per la produzione agricola è la disponibilità di nutrienti per la crescita delle piante. Mentre in passato i nutrienti sottratti col raccolto venivano restituiti al suolo con gli scarti organici utilizzati per concimare i terreni, oggi la produzione vegetale dipende in larga parte dai fertilizzanti di sintesi, prodotti utilizzando risorse non rinnovabili (es. miniere di fosforo) e combustibili fossili (es. sintesi dei concimi azotati). L'energia associata alla produzione di fertilizzanti chimici, in particolare, conta per circa il 3% del totale di uso/emissioni. La valorizzazione degli scarti agricoli come fonte di sostanza organica può favorire lo sviluppo sostenibile del settore contribuendo a ridurre l'impatto ambientale e, contemporaneamente, ad abbattere i costi di produzione. Le biomasse di scarto, inoltre, possono rappresentare una potenziale fonte di biomolecole con un ampio potenziale applicativo in vari settori industriali e trasformarsi da rifiuto in risorsa economica di valore

significativo. Un esempio in tal senso è il progetto FENNEL - FavorirE l'utilizzo degli scarti del finocchio ai fini della bioeconomia utile allo sviluppo delle imprese agricole, nato per valorizzare la biomassa di scarto proveniente dalla lavorazione del finocchio. La produzione del finocchio, come quella di altre specie orticole di rilevanza nazionale, si concentra in ampi areali geografici ben definiti nei quali devono essere smaltiti elevati volumi di scarto con un calendario pressoché continuo nell'arco dell'anno. Al progetto, finanziato dalla Regione Campania nell'ambito del PSR Misura 16.1 – Azione 2, partito a fine settembre 2019 e tuttora in corso, partecipano il Distretto Tecnologico Campania Bioscience Scarl (Capofila), il Dipartimento di Agraria (responsabile tecnico-scientifico) e il Dipartimento di Farmacia dell'Università degli Studi di Napoli Federico II, l'azienda agricola F.lli Napolitano e la Fondazione IDIS – Città della Scienza. Il progetto parte dalla consapevolezza che, grazie al contributo della ricerca applicata, sia possibile trasformare l'ingente scarto della produzione di finocchio, che rappresenta circa il 60% della biomassa totale, da costo per le aziende agricole in valore aggiunto. Nell'ambito del progetto, il Dipartimento di Agraria valuta l'efficacia dei bio-prodotti ottenuti dal compostaggio degli scarti quali compost, tè di compost e sostanze umiche da compost per la produzione di ammendanti/fertilizzanti/biostimolanti in un contesto di agricoltura circolare per migliorare la fertilità dei suoli e la produttività delle colture e per il recupero di suoli degradati. Gli scarti della lavorazione del finocchio, inoltre, sono anche una ricca fonte di molecole interessanti (in particolare polifenoli) che possono essere recuperate e utilizzate efficacemente come ingredienti nella progettazione di nuovi alimenti o in formulazioni nutraceutiche. Il Dipartimento di Farmacia è impegnato nell'identificazione e caratterizzazione chimico-fisica e biologica di fitoestratti ad attività nutraceutica per la prevenzione o il supporto nella cura di patologie dismetaboliche e/o cronico-degenerative. Nel corso del progetto sono stati individuati i formulati più efficaci per veicolare queste molecole bioattive, migliorarne la bio-accessibilità e permettere la loro utilizzazione e commercializzazione sia direttamente come nutraceutici, quali per esempio integratori liquidi, capsule gastroresistenti o barrette ricche di fibra, sia come ingredienti funzionalizzanti da introdurre nei cicli produttivi di bevande o alimenti, altrimenti considerati convenzionali (Castaldo et al., 2021). L'uso dei sottoprodotti agricoli per estrarre molecole destinate all'industria degli alimenti funzionali, alla nutraceutica o alla cosmetica, permette di rivedere l'approccio dell'agricoltura alla gestione degli scarti che diventano fonti di ingredienti “nobili” in grado di produrre profitto.

## CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

L'aumento della popolazione mondiale e la globalizzazione dei mercati sta determinando una crescente richiesta di alimenti. A tale richiesta dovrà necessariamente corrispondere una profonda trasformazione dei sistemi alimentari e agricoli che dovranno sempre più internalizzare, nel processo produttivo, i principi inderogabili di sostenibilità ed efficienza d'uso delle risorse. Quello energetico è solo uno, benché critico, degli aspetti che dovranno essere reconsiderati. La crescente richiesta energetica del settore *agrifood* riguarda ogni fase della catena produttiva, dalla semina all'irrigazione, dalla raccolta alla trasformazione dei prodotti, dal controllo climatico in serra agli eventuali dispositivi dedicati alla progressiva digitalizzazione delle aziende. Un radicale cambiamento è indispensabile, oltre che possibile, e implica un vero e proprio *eco-design* dei nuovi processi che devono, però, essere riferiti a contesti agricolo-territoriali concreti. Agricoltura circolare vuol dire recuperare le risorse ancora in circolo nel sistema anziché importarle dall'esterno. Le risorse residue a disposizione sono quelle che, prima della rivoluzione industriale e del conseguente fenomeno dell'urbanizzazione, venivano utilizzate nei piccoli nuclei rurali per riscaldare le case o per concimare i terreni: biomassa residuale, scarti vegetali, reflui dei caseifici, i reflui civili e il letame delle stalle, sostanze esclusivamente organiche derivanti dalle attività di produzione, lavorazione, trasformazione e consumo dei prodotti agricoli. Il recupero degli scarti a fini energetici, integrato con l'uso di altre fonti energetici rinnovabili, può contribuire a contenere le sempre più ingenti spese derivanti dall'impiego di combustibili fossili e a ridurre l'impatto ambientale delle produzioni agricole. Il recupero di questi scarti per la concimazione dei suoli, inoltre, può sopperire ai limiti della fertilizzazione chimica restituendo al terreno anche sostanza organica. L'estrazione dagli scarti della lavorazione dei prodotti agricoli di ingredienti naturali di alto valore, come gli antiossidanti, che possono essere utilizzati efficacemente in alimenti funzionali o fortificati, integratori alimentari o formulazioni nutraceutiche, infine, rappresenta una soluzione economicamente interessante. Non si tratta di auspicare un ritorno al passato ma di ripensare l'agricoltura utilizzando le nuove tecnologie per migliorare l'efficienza d'uso delle risorse e trasformare i rifiuti in risorse. Le diverse strategie di applicazione dei principi dell'economia circolare in agricoltura rappresentano esempi virtuosi, il cui impatto può essere quantificato in termini di indicatori ecologici, sociali ed economici e per il quale sono anche disponibili incentivi. Tuttavia, occorre che gli agricoltori abbiano accesso alle nuove conoscenze e tecnologie, occorrono investimenti in infrastrutture e, soprattutto, un cambio di paradigma che coinvolga tutte le connessioni delle catene di approvvigionamento e delle

reti commerciali fino al consumatore con un approccio circolare *From Farm to Fork and back to Farm*.

#### RIASSUNTO

Negli ultimi anni stiamo assistendo a una crescente attenzione verso la sostenibilità e l'utilizzo consapevole delle risorse naturali non rinnovabili. Sullo sfruttamento di queste ultime si basa il sistema produttivo attuale, quello lineare riassumibile in *take, make, dispose* (prendi, produci, getta). L'alternativa al sistema lineare è una economia detta circolare che si basa su un uso più efficiente delle risorse naturali non rinnovabili e la valorizzazione degli scarti, che diventano essi stessi risorse, oltre che sulla estensione della vita utile dei prodotti. L'obiettivo, quindi, non è solo quello di ridurre sprechi e rifiuti, ma di creare valore aggiunto dagli scarti di produzione. Grazie anche alle innovazioni tecnologiche, l'agricoltura è oggi sempre più impegnata in una transizione radicale verso un sistema circolare, solido e resiliente basato su processi produttivi che permettano di migliorare la sostenibilità dell'attività agricola. Esistono già esempi virtuosi di applicazione dei principi dell'economia circolare in agricoltura il cui impatto può essere quantificato in termini di indicatori ecologici, sociali ed economici e per il quale sono anche disponibili incentivi. Tuttavia, occorre che gli agricoltori abbiano accesso alle nuove conoscenze e tecnologie, occorrono investimenti in infrastrutture e, soprattutto, un cambio di paradigma che coinvolga tutte le connessioni delle catene fino al consumatore con un approccio circolare *From Farm to Fork and back to Farm*.

#### ABSTRACT

*Circular agriculture: challenges and opportunities.* Global warming and population growth impose competition for increasingly scarce natural resources. Improving resource use efficiency and the overall sustainability of any production process is therefore a fundamental goal for the years to come. In most recent years it has been observed a growing interest on sustainability principles and responsible use of non-renewable natural resources, which are currently part of "take, make, dispose" linear production models. An alternative to the linear system is the so-called "circular" economic system that is based on a more efficient use of non-renewable natural resources, the use of waste, which themselves become resources, and the extension of products life span. Thanks also to technological innovations, agriculture is today increasingly engaged in a radical transition towards a circular, solid and resilient system based on production processes that allow farmers to improve the sustainability of agricultural activities. There are already virtuous examples of the application of circular economy principles in agriculture whose impact can be quantified in terms of ecological, social and economic indicators and for which incentives are also available. However, it is also necessary to improve farmers access to new knowledge and technologies, we need investments in infrastructures and, most importantly, a paradigm shift that capitalizes on the interconnections between supply chains, trading networks and consumers to improve the application of circularity principles *From Farm to Fork and back to Farm*.

## BIBLIOGRAFIA

- ABBAS T., ISSA M., ILINCA, A. (2020): *Biomass Cogeneration Technologies: A Review*, «J. Sustain. Bioenergy Syst.», 10, pp. 1-15.
- AUSUBEL J.H. (1994): *Directions for environmental technologies*, «Technology in Society», vol. XVI, no. 2, pp. 139-154.
- BIEDERMAN L.A., HARPOLE W.S. (2012): *Biochar and its effects on plant productivity and nutrient cycling: a meta-analysis*, «GCB Bioenergy», 5, pp. 202-214.
- BOGDANSKI A. (2012): *Integrated food-energy systems for climate-smart agriculture*, «Agriculture & Food Security», 1, 9.
- CASTALDO L., IZZO L., DE PASCALE S., NARVÁEZ A., RODRIGUEZ-CARRASCO Y., RITIE- NI A. (2021): *Chemical Composition, In Vitro Bioaccessibility and Antioxidant Activity of Polyphenolic Compounds from Nutraceutical Fennel Waste Extract*, «Molecules», 26 (7), 1968.
- DE PASCALE S., ROUPHAEL Y., CIRILLO V., ESPOSITO M., MAGGIO A. (2021): *Modular systems to foster circular economy in agriculture*, «Acta Horticulturae», 1320, pp. 205-210.
- DE PASCALE S., MAGGIO A. (2021): *Economia circolare e modello agroecologico: il ruolo delle risorse energetiche*, in *Agroecologia circolare. Dal campo alla tavola. Coltivare biodiversità e innovazione*, Giorgio Zampetti e Angelo Gentili, Edizioni Ambiente, pp. 392.
- ELLEN MACARTHUR FOUNDATION (2013): *Towards the Circular Economy*, Economic and Business Rationale for an Accelerated Transition (<https://tinyurl.com/hzfrxvb>).
- ELLEN MACARTHUR FOUNDATION AND SYSTEMIQ (2017): *Achieving Growth Within: A €320-Billion Circular Economy Investment Opportunity Available to Europe up to 2025*. (<https://tinyurl.com/hy6r4hf>).
- FAO (2012): *Energy-smart food at FAO: an overview*, Rome, Italy, Food and Agriculture Organization of the United Nations, pp. 1-84.
- FAO (2013): *Climate-Smart Agriculture Sourcebook. Module 5: Sound Management of Energy for Climate-smart agriculture*, Rome, Italy, Food and Agriculture Organization of the United Nations, pp. 139-165.
- OKOLIE J.A., NANDA S., DALAI A.K., KOZINSKI J.A. (2021): *Chemistry and Specialty Industrial Applications of Lignocellulosic Biomass*, «Waste Biomass Valor. », 12, pp. 2145-2169.
- PEARCE D., TURNER R.K. (1990): *Economics of natural resources and the environment*, Harvester Wheatsheaf, London, pp. 1-378.
- RADENAHMAD N., AZAD A.T., SAGHIR M., TAWEEKUN J., BAKAR M.S.A., REZA M.S., AZAD A.K. (2020): *A review on biomass derived syngas for SOFC based combined heat and power application*, «Renew. Sustain. Energy Rev.», 119, 10, 9560.
- RIZOS V, TUOKKO K, BEHRENS A. (2017): *The Circular Economy: A review of definitions, processes and impacts*, «CEPS Research Report», No. 2017/09.
- ZHANG Y., KACIRA M. (2020): *Comparison of energy use efficiency of greenhouse and indoor plant factory system*, «Eur. J. Hortic. Sci.», 85 (5), pp. 310-332.



NICOLA LUCIFERO<sup>1</sup>

## La sostenibilità nella filiera agroalimentare: il quadro normativo tra criticità applicative e prospettive evolutive

<sup>1</sup> Dipartimento di Scienze e Tecnologie Agrarie, Alimentari Ambientali e Forestali - DAGRI,  
Università degli Studi di Firenze

### I. PREMESSA

L'interdipendenza tra economia e ambiente ha evidenziato in modo sempre più crescente l'esigenza di un forte cambiamento capace di modificare la prospettiva che per decenni aveva anteposto gli interessi dello sviluppo economico alla tutela delle risorse naturali e degli ecosistemi presenti sul nostro Pianeta. Invero, l'acquisita consapevolezza che si sia determinato un significativo squilibrio a discapito dell'ambiente è dovuto a una pluralità di fattori fortemente collegati tra loro che possono essere, in termini generali, sintetizzati nel sovrappopolamento a livello mondiale dovuto alla crescita costante della popolazione (soprattutto in determinate zone geografiche), nello sviluppo smisurato dell'economia a livello mondiale, dovuto certamente alla globalizzazione dei mercati, sempre più interconnessa attraverso commercio, finanza, tecnologie, flussi produttivi, migrazioni di popoli e reti sociali, e allo stesso tempo nello squilibrio in termini di sviluppo e accesso alle risorse tra i diversi Paesi, e talvolta pure al loro interno. Una situazione complessa questa che implica il coinvolgimento di fattori non solo economici, ma anche sociali e ambientali, e che è alla base delle minacce che si stanno presentando su fronti diversi, a livello climatico, con riguardo alle risorse naturali (tra cui la disponibilità di acqua e di terra), alla perdita definitiva di determinati *habitat* e al forte inquinamento, e che sono già causa di mutamenti dei processi naturali dai quali dipende la vita.

La dimensione non solo etica, ma anche giuridica, dei problemi sollevati a livello internazionale con riferimento alla *food security*, ai cambiamenti climatici, alle disuguaglianze sociali e alle migrazioni dei popoli ha portato studiosi (in un primo tempo) e le Istituzioni (in un secondo) a porre lo sviluppo sostenibile



in un quadro olistico segnato da obiettivi comuni (economici, sociali e ambientali) e interventi programmatici a livello sovrastatale che ruotano attorno alla tutela dell'ambiente, ove risulta indispensabile l'integrazione tra lo sviluppo economico, lo sviluppo sociale e la protezione ambientale, quali elementi che interagiscono tra loro, e che devono essere posti in equilibrio affinché gli interessi a essi connessi possano essere tutti armonicamente soddisfatti.

Come tutte le questioni ambientali, la *sostenibilità* – formula che, in sintesi, si pone quale comune denominatore di qualsiasi politica di sviluppo sensibile all'interesse ambientale – determina il coinvolgimento di diversi interessi giuridicamente rilevanti e l'esigenza sul piano normativo di un approccio che non può essere affrontato in modo settoriale, bensì come tema orizzontale e trasversale ai diversi saperi del diritto. Il tema determina non solo un contemporaneo di interessi distinti, ma si pone in una prospettiva maggiormente avanzata e articolata che coinvolge anche i comportamenti dei singoli. Lo sviluppo economico è oggi evocato diffusamente come interesse paritario se non talvolta prevalente nel bilanciamento con la tutela ambientale e con altri interessi, quali la tutela della salute o altri ancora quali quelli del paesaggio.

Il coinvolgimento del settore primario, diretto sia alla produzione di alimenti o di prodotti destinati a usi diversi, nel contesto del dibattito che caratterizza l'era dello sviluppo sostenibile porta a tenere in considerazione le esternalità negative legate a tutte le attività svolta lungo la catena alimentare in modo che esse restino nei margini adeguati ad assicurare la salvaguardia delle risorse, e la loro rigenerazione, impiegate nei processi produttivi. Un tema che coinvolge non solo le scelte di ordine politico, e quindi anche di intervento dirigitico dell'economia, ma più in particolare gli agricoltori e le loro attività imprenditoriali e, quindi, anche le loro relazioni contrattuali nell'ambito della filiera, che dovranno direzionarsi necessariamente nella prospettiva della sostenibilità.

## 2. IL GREEN DEAL EUROPEO E LA STRATEGIA PER UNO SVILUPPO SOSTENIBILE IN AGRICOLTURA

Con la Risoluzione del 25 settembre 2015, l'Assemblea Generale delle Nazioni Unite ha adottato Agenda 2030 per lo sviluppo sostenibile (*The 2030 Agenda for Sustainable Development*) che rappresenta un programma di azione per le persone, il pianeta, la prosperità e la pace, prevedendo 17 obiettivi (c.d. *Sustainable Development Goals*) e 169 traguardi (o *Target*), le cui finalità sono interconnesse tra loro, indivisibili e segnati dalla dimensione omnicomprensiva, che si basa espressamente sulla supremazia dello sviluppo sostenibile quale

principio guida composito di portata universale e fondamentale per l'integrazione con le politiche settoriali, e capace di garantire l'equità intergenerazionale auspicata da Agenda 2030 nel rispetto dell'equilibrio e dell'integrità degli ecosistemi, contribuendo al contempo al benessere umano globale. Agenda 2030 rappresenta un documento che si inserisce nell'indirizzo, oramai acquisito, dal diritto internazionale dell'ambiente, caratterizzato da una forte matrice programmatica e da un approccio non settoriale, bensì multidimensionale in quanto si propone specifici obbiettivi in campo economico, sociale e ambientale da perseguire attraverso il coinvolgimento di tutti gli Stati. Infatti, Agenda 2030 consacra le tre dimensioni della sostenibilità, che risultano tra loro integrate e indivisibili, e ne valorizza la sua portata globale. Trattasi di un documento dalla forte valenza non solo per le tematiche trattate, ma per l'impegno richiesto ai singoli Stati di rinnovare e rafforzare la *policy* e la *governance* ambientale facendo propri gli SDGs nei processi decisionali, nelle politiche e nelle strategie nazionali da perseguire attraverso il coinvolgimento dei privati anche facendo ricorso al partenariato pubblico-privato.

A livello europeo il nucleo principale su cui si fonda il programma di azione per l'attuazione degli obbiettivi dello sviluppo sostenibile dell'Agenda 2030 è rappresentato dal *Green Deal europeo* che delinea una precisa strategia proposta dalla Commissione<sup>1</sup> per avviare un'economia sostenibile e *proteggere, conservare e migliorare il capitale naturale dell'UE*. Il *Green Deal* è parte integrante dell'Agenda 2030 – come espressamente dichiara – e ne riflette alcune caratteristiche in termini di obbiettivi e di azioni interconnesse tra loro; la componente ambientale risulta fortemente presente e impone di preservare e ripristinare gli ecosistemi e la biodiversità sia con riferimento agli ecosistemi forestali sia con riguardo agli oceani, dai mari dalle acque sotterranee e superficiali di cui riconosce l'importanza di garantire la loro funzione naturale per la salvaguardia del Pianeta.

Il *Green Deal* non rappresenta un documento isolato; tutt'altro, esso si pone in linea con i precedenti atti della Commissione<sup>2</sup>, e la sua pubblicazione è stata partecipata e condivisa dal Parlamento europeo<sup>3</sup> e seguita (nel breve

<sup>1</sup> Comunicazione della Commissione europea al Parlamento europeo, al Consiglio, al Comitato economico e sociale europeo e al Comitato delle Regioni del 11 dicembre 2019, *Il Green Deal europeo*, COM(2019)640.

<sup>2</sup> Comunicazione della Commissione europea del 30 gennaio 2019, *Verso un'Europa sostenibile entro il 2030*, COM(2019)22.

<sup>3</sup> Risoluzione del Parlamento europeo del 14 marzo 2019 sul cambiamento climatico: visione strategica europea a lungo termine per un'economia prospera, moderna, competitiva e climaticamente neutra in conformità dell'accordo di Parigi del 14 marzo 2019 [2019/2582(RSP)] e la Risoluzione del Parlamento europeo sul *Green Deal europeo* del 15 gennaio 2020 [2019/2956(RSP)].

tempo) da diversi altri atti di *soft law*<sup>4</sup> che contengono una serie di raccomandazioni della Commissione rivolte al Parlamento e al Consiglio per perseguire gli obiettivi indicati dallo stesso *Green Deal*. Tali atti muovono anch'essi dagli impegni assunti da Agenda 2030 e riflettono i contenuti e gli impegni di lungo periodo per perseguire gli obiettivi finalizzati a realizzare una economia sostenibile, inclusiva, climaticamente neutra, capace di migliorare la qualità della vita delle generazioni presenti e future.

La sensibilità delle Istituzioni europee verso il tema ambientale e la necessità di adottare una visione strategica a lungo termine, in linea con gli obiettivi di Agenda 2030, risulta tangibile dal susseguirsi degli atti di *soft law* che, pur intervenendo su tematiche specifiche, ancorché sempre riferite all'ambiente, risultano tra loro strettamente collegati e ruotano attorno al maggior tema della sostenibilità ambientale e delle iniziative da intraprendere a livello europeo. Seppur il *focus* può apparentemente sembrare diverso, ove si consideri la competitività<sup>5</sup>, la biodiversità<sup>6</sup>, il clima<sup>7</sup>, la resilienza delle materie prime<sup>8</sup>, lo stato della natura<sup>9</sup>, l'approccio delle Istituzioni europee muove da una considerazione unitaria, quale è la considerazione della necessità di invertire la rotta e adottare una strategia che leghi competitività e tutela dell'ambiente attraverso il ricorso alla sostenibilità, e adotta il medesimo schema programmatico. Infatti, oltre a una impronta fortemente ambientale, tali atti si accomunano per il grado di precettività, e dunque di forza operativa, e per la loro natura

<sup>4</sup> Parere del Comitato europeo delle regioni, *Un'Europa sostenibile entro il 2030: seguito riservato agli obiettivi di sviluppo sostenibile delle Nazioni Unite, alla transizione ecologica e all'accordo di Parigi sui cambiamenti climatici* del 8 ottobre 2019 [2020/C 39/06], e il precedente Parere del Comitato europeo delle regioni, *Gli obiettivi di sviluppo sostenibile (OSS): una base per la strategia UE di lungo termine per un'Europa sostenibile entro il 2030* del 26 giugno 2019 [2019/C 404/04].

<sup>5</sup> Comunicazione della Commissione europea al Parlamento europeo, al Consiglio, al Comitato economico e sociale europeo e al Comitato delle Regioni e alla Banca europea per gli investimenti del 28 novembre 2018, *Un pianeta pulito per tutti*, COM(2018)773.

<sup>6</sup> Comunicazione della Commissione europea al Parlamento europeo, al Consiglio, al Comitato economico e sociale europeo e al Comitato delle Regioni del 20 maggio 2020, *Strategia dell'UE sulla biodiversità per il 2020*, COM(2020)380.

<sup>7</sup> Comunicazione della Commissione europea al Parlamento europeo, al Consiglio, al Comitato economico e sociale europeo e al Comitato delle Regioni del 17 settembre 2020, *Un traguardo climatico 2030 più ambizioso per l'Europa. Investire in un futuro a impatto climatico zero nell'interesse dei cittadini*, COM(2020)562.

<sup>8</sup> Comunicazione della Commissione europea al Parlamento europeo, al Consiglio, al Comitato economico e sociale europeo e al Comitato delle Regioni del 3 settembre 2020, *Resilienza delle materie prime critiche: tracciare un percorso verso una maggiore sicurezza e sostenibilità*, COM(2020)474.

<sup>9</sup> Relazione della Commissione al Parlamento europeo, al Consiglio, al Comitato economico e sociale europeo del 15 ottobre 2020, *Lo stato della natura nell'Unione europea*, COM(2020)635.

programmatica che si esprime nel definire obbiettivi e strategie per perseguire il comune obbiettivo.

Nella prospettiva segnata dal *Green Deal*, che pone quale finalità il raggiungimento di un impatto climatico zero nel 2050 definendo una nuova strategia di crescita per stimolare l'economia, migliorare la salute e la qualità della vita, viene adottata dalla Commissione la strategia *Dal produttore al consumatore*<sup>10</sup>, che viene espressamente posta al centro del *Green Deal*, riconoscendo che il conseguimento di sistemi alimentari sostenibili legghi tra loro in modo inscindibile gli obbiettivi di avere persone sane, società sane e un pianeta sano. D'altronde, la ricerca di una sostenibilità del sistema agroalimentare coinvolge non solo la fase della produzione primaria, ma il complesso delle attività che si sviluppano lungo la catena alimentare e che portano alla commercializzazione ai consumatori finali dei prodotti alimentari. Ciò in quanto tutte le fasi che segnano la *food chain* possono, sia pure in misura diversa, produrre delle esternalità negative che la strategia europea si propone di combattere per eliminarle o rimuoverle. Queste due strategie sono fortemente interconnesse, e si rafforzano notevolmente le une con le altre favorendo l'adozione di una strategia che favorisca i rapporti tra natura, agricoltori, industria e consumatori nella prospettiva di una sostenibilità alimentare. Un approccio alla questione che si riscontra altresì nella citata strategia per la biodiversità ove gli obblighi conservativi e di tutela della natura prevalgono e coinvolgono anche il fattore terra e l'attività agricola. In altri termini, attraverso la sostenibilità ci si propone di raggiungere una filiera alimentare sostenibile che possa dare luogo a regimi alimentari non più solo sicuri, ma anche sostenibili con una particolare attenzione alle questioni ambientali, sanitarie, sociali ed etiche.

Se *prima facie* gli atti di *soft law* sopra richiamati possono rappresentare la presa di posizione delle Istituzioni europee su singole tematiche prive di un collegamento tra di loro, va detto che, in verità, il susseguirsi nel breve periodo di tali documenti acquisisce un particolare valore sul piano ermeneutico e conduce a una visione unitaria della posizione fatta propria dalle Istituzioni europee che riguarda tutti i settori dell'economia (tra cui i trasporti, l'energia, l'edilizia, l'agricoltura, il settore chimico, ecc.) nella prospettiva di definire una strategia di crescita sostenibile, competitiva ed efficiente che vuole portare nel 2050 l'Europa a una neutralità climatica, ossia a non generare emissioni nette di gas a effetto serra. L'interpretazione di tali atti acquisisce una par-

<sup>10</sup> Comunicazione della Commissione europea al Parlamento europeo, al Consiglio, al Comitato economico e sociale europeo e al Comitato delle Regioni del 20 maggio 2020, *Una strategia "Dal produttore al consumatore" per un sistema alimentare equo, sano e rispettoso dell'ambiente*, COM(2020)381.

ticolare valenza nella definizione della strategia europea, non settoriale, ma trasversale a tutti i settori. Indubbiamente è un approccio condivisibile ove si consideri che un obiettivo di questa portata può essere raggiunta unicamente con il coinvolgimento di tutti gli Stati, e la *sostenibilità* rappresenta la chiave di lettura per dettare un equilibrio tra tutela della natura e sviluppo economico; in tal senso, si legge il rapporto tra *biodiversità* ed *economia* in quanto la conservazione della prima può apportare benefici economici diretti a molti settori dell'economia, oppure tra *biodiversità* e *sicurezza alimentare* in quanto una agricoltura intensiva può essere alla base del depauperamento delle risorse produttive con effetti sugli approvvigionamenti alimentari, mentre biodiversità e sicurezza alimentare rappresentano un connubio inscindibile. Si tratta di atti dalla particolare portata che non solo esprimono il carattere di una tecnica di regolazione in seno all'Unione europea di volta in volta alternativa, complementare o preparatoria, ai tradizionali e formalizzati sistemi di produzione delle regole, così come previsti nei Trattati, ma indicano la direzione innanzi alla quale gli imprenditori e l'intera società devono porsi per non rimanere ai margini del sistema produttivo. Ciò che tuttavia non può sfuggire, come autorevolmente osservato, è «una specie di intrusione di un programma alimentare in un progetto di agricoltura ecologica» (Costato, 2020) che non implica sovrapporre discipline giuridiche autonome quanto piuttosto incidere attraverso nuove regole sui processi produttivi e, quindi, anche sulla destinazione degli alimenti. In effetti, se si supera la proclamazione di intenti che si registra in tali atti, e quindi gli obiettivi di ridurre a livello europeo l'impronta ambientale e climatica del sistema alimentare e rafforzarne la resilienza, garantire la sicurezza dell'approvvigionamento alimentare di fronte ai cambiamenti climatici e alla perdita di biodiversità, guidare la transizione globale verso la sostenibilità competitiva dal produttore al consumatore e sfruttare le nuove opportunità, non si comprende ancora in cosa possa consistere all'atto pratico il programma e, ancor più, come possano conciliarsi finalità che, sulla carta, non sembrano poter convergere.

A tale proposito, giova richiamare il piano di azione per l'economia circolare quale risposta concreta al cambiamento richiesto dal *Green Deal* nella prospettiva di creare una realtà più pulita e competitiva in “co-creazione” con gli operatori economici, i consumatori, i cittadini e le organizzazioni della società civile<sup>11</sup>. Una pianificazione finalizzata a prevedere una economia circolare in diversi settori dell'economia – compreso il settore agroalimentare – per assi-

<sup>11</sup> Comunicazione della Commissione europea al Parlamento europeo, al Consiglio, al Comitato economico e sociale europeo e al Comitato delle Regioni del 11 marzo 2020, *Un nuovo piano d'azione per l'economia circolare. Per un'Europa più pulita e più competitiva*, COM(2020)98.

curare prodotti sostenibili, promuovere processi circolari con l'intento anche di ridurre gli sprechi lungo la filiera (*food loss*) o nei consumi domestici (*food waste*) e adottare misure trasversali basate sempre sulla circolarità come presupposto per la neutralità climatica. Il modello dell'economia circolare manifesta in concreto gli obiettivi a cui propende la sostenibilità in agricoltura ove si consideri la possibilità dei sistemi produttivi di rigenerarsi da soli attraverso flussi materiali, quali quelli biologici in grado di essere reintegrati nella biosfera, e quelli tecnici destinati, dopo il dismembramento, a essere rivalorizzati con il riutilizzo senza entrare nella biosfera.

Se tali brevi considerazioni possono valere per quanto riguarda la fase della produzione posta a monte della filiera, maggiori complessità si determinano ove si consideri la fase posta a valle della *food chain* che implica necessariamente il potenziale reimpiego dell'alimento nel processo di filiera oppure il suo scarto con conseguenze sul piano della qualificazione giuridica, se *sottoprodotto* o *rifiuto*, oppure sulla sua destinazione alternativa per evitare lo spreco alimentare<sup>12</sup>.

### 3. IL SISTEMA DELLA FILIERA AGROALIMENTARE E LA SOSTENIBILITÀ

La dimensione economica e giuridica della filiera agroalimentare rappresenta l'ambito di intervento degli obiettivi della sostenibilità da parte delle Istituzioni europee nella strategia *from Farm to Fork*. Invero, l'approccio di filiera e di sistema che segna le fasi della produzione e della commercializzazione nel senso della connotante dimensione relazionale tra gli operatori coinvolti dove i loro rapporti di interconnessione sono ogni giorno più diffusi e profondi implica l'adozione di misure sostenibili per la salvaguardia delle risorse ambientali. Il concetto di catena alimentare guarda alla disciplina dei prodotti alimentari non per sé soli, bensì muovendo dall'attività agricola, assumendoli in una prospettiva di una *filiera* unitaria, attenta al mercato e insieme consapevole del ruolo della produzione primaria. La *sostenibilità* è posta al centro del sistema di filiera per perseguire, attraverso un approccio trasversale alle sue diverse fasi, una pluralità di obiettivi volti a ridurre le esternalità negative

<sup>12</sup> Nonostante l'introduzione della decisione delegata della Commissione (UE) 2019/1597 del 3 maggio 2019 e della decisione di esecuzione della Commissione (UE) 2019/2000 del 28 novembre 2019, che fornisce dettagli su come rispettare l'obbligo di segnalare i rifiuti alimentari imposto dalla direttiva (UE) 2018/8519 del Parlamento europeo e del Consiglio del 30 maggio 2018 sui rifiuti in generale, il tema risulta ancora privo di un quadro disciplinare uniforme e armonizzato a livello UE. Il nostro Paese ha introdotto la l. 166/2016 (c.d. "Legge Gadda") con misure di semplificazione al fine di incentivare le donazioni da parte degli operatori del settore alimentare, agricolo e agro-alimentare e stabilendo come priorità il recupero di cibo da donare alle persone in difficoltà economica e sociale nel nostro Paese.

ricomprese nel complesso delle attività che si sviluppano lungo di essa. Ciò implica il rispetto delle risorse naturali e, quindi, dei fattori della produzione, garantire la *food security*, in quanto l'approvvigionamento alimentare rappresenta una priorità, unitamente alla *food safety*, perché un mercato di prodotti sicuri richiede il rispetto delle misure di sicurezza e qualità; e infine preservare l'accessibilità economica degli alimenti generando nel contempo rendimenti economici più equi nella catena di approvvigionamento, con l'obiettivo unico di rendere gli alimenti più sostenibili. In tal modo risulta altresì necessario perseguire un riequilibrio della ripartizione del valore lungo la filiera, e quindi alla disciplina degli atti di concorrenza sleale<sup>13</sup> e, più in generale, a tutte quelle distorsioni che possono garantire un reddito adeguato ai produttori, per comprendere anche il contesto disciplinato dal diritto del lavoro e volto a limitare lo sfruttamento dei lavoratori in agricoltura. Se infatti la sostenibilità esige un equilibrio tra gli interessi giuridicamente rilevanti coinvolti nel contesto delle relazioni di filiera, molteplici e diverse sono le possibili fattispecie che necessariamente, ove distorte, incidono sugli obiettivi previsti a livello europeo.

Non può non osservarsi come l'agricoltura, più di altri settori dell'economia, abbia da tempo posto attenzione all'interesse della tutela ambientale attraverso diversi interventi del legislatore europeo in ambiti specifici oppure ricercando un equilibrio a favore della tutela dell'ambiente o delle sue risorse. La produzione biologica rappresenta senza alcun dubbio una esperienza virtuosa in cui il processo produttivo risulta conformato all'obiettivo di limitare le esternalità negative attraverso la definizione di regole di processo che, in sostanza, coinvolgono l'intera azienda e, più in generale, rappresenta un momento di incontro tra più tematiche, diverse tra loro, di politica ambientale e di regole del mercato, che convergono in un sistema che comprende le strutture produttive, e quindi i prodotti agroalimentari, ma anche il territorio e l'ambiente<sup>14</sup>. Sul punto, giova rilevare come lo sviluppo del sistema biologico sia stato accompagnato fin dall'inizio da un forte *favor* del consumatore verso questi prodotti al punto da ricomprendere nel tempo comparti produttivi inizialmente rimasti estranei alla disciplina. Inoltre, si pensi anche all'adozione di sistemi produttivi sostenibili oppure al rafforzamento delle politiche di incentivo ai comportamenti virtuosi (tra cui il *greening*, i metodi produttivi a basso impatto ambientale, o gli incentivi ai mercati di prossimità) e di disincentivo ai comportamenti dannosi all'ambiente e al clima (il riferimento è

<sup>13</sup> Cfr. Direttiva (UE) 2019/633 del Parlamento europeo e del Consiglio del 17 aprile 2019 in materia di pratiche commerciali sleali nei rapporti tra imprese nella filiera agricola e alimentare.

<sup>14</sup> Regolamento (UE) 2018/848 del Parlamento Europeo e del Consiglio del 30 maggio 2018 relativo alla produzione biologica e all'etichettatura dei prodotti biologici che abroga il Regolamento (CE) 834/2007.



ad alcuni parametri della condizionalità); le misure della politica di sviluppo rurale hanno valorizzato ulteriormente gli ecosistemi con riferimento all'uso dei suoli, delle risorse idriche, e delle fonti di energia rinnovabile. Tuttavia, la posizione assunta dalle Istituzioni europee sembra andare oltre e delineare un nuovo modello che ruota attorno alla sostenibilità e che coinvolge tutta la filiera agroalimentare. Il punto che qui rileva non è riconducibile al mero riferimento della sostenibilità in agricoltura, tema già presente nel contesto del diritto dell'Unione europea e, più in dettaglio, negli atti delle Istituzioni con riferimento alla PAC<sup>15</sup>, quanto piuttosto alla volontà di delineare obiettivi comuni tali da segnare i diversi momenti della filiera in ragione di un condiviso interesse rappresentato dal giusto equilibrio tra l'interesse alla tutela dell'ambiente e, quindi delle sue risorse, e alle diverse attività del settore agroalimentare.

Una serie di obiettivi che riflettono un approccio non circoscritto a singole fasi o momenti della produzione agricola o di quella della trasformazione o distribuzione degli alimenti, quanto piuttosto la ricerca di regole comuni all'intera filiera per perseguire l'obiettivo di *costruire una filiera alimentare che funziona per i consumatori, i produttori, il clima e l'ambiente*. La sostenibilità dei sistemi alimentari rappresenta infatti, per le Istituzioni europee, una questione globale e i sistemi alimentari dovranno adattarsi per fare fronte a sfide eterogenee. Un problema che non si presenta sul piano solo concettuale ma che, coerentemente alla più autorevole dottrina, richiede di porre le stesse problematiche riguardanti la *food safety* e alla *food security* nell'ottica dello sviluppo sostenibile in cui va a collocarsi la stessa agricoltura produttiva. Invero, nell'ambito della sostenibilità vi sono diverse linee operative da seguire, peraltro non sempre omogenee, che sono chiamate a coesistere nel più ampio sistema delle regole comuni della filiera agroalimentare.

La questione, nei termini ora esposti, sembra voler superare il concetto del ruolo rivestito dall'agricoltura capace di soddisfare bisogni alimentari e, al contempo, produrre externalità positive sul piano della prestazione di una serie di servizi dai quali si generano benefici in favore della collettività, quanto piuttosto definire un comune denominatore per tutta la filiera agroalimentare dettato, per l'appunto, dalla sostenibilità. Sul piano concreto la prospettiva della sostenibilità dello sviluppo come strumento diretto a introiettare la tutela dell'ambiente nelle logiche economiche coinvolge il settore agroambientale in tutti i suoi momenti, siano essi relativi ai metodi di produzione e all'impatto sulle risorse naturali. La prospettiva sembra essere quella della definizione

<sup>15</sup> Comunicazione della Commissione europea del 18 novembre 2010, *La PAC verso il 2020: rispondere alle future sfide dell'alimentazione, delle risorse naturali e del territorio*, COM(2010)672.



di una gestione produttiva, da svolgersi in un determinato contesto, di tipo qualitativo da individuarsi non più su base locale quanto piuttosto in una dimensione culturale che riflette l'indirizzo anzidetto. Se in passato erano state avanzate non poche criticità con riguardo al modello di agricoltura industrializzata in ragione di episodi di inquinamento, o dei rischi potenziali correlati all'impiego dei trattamenti chimici nell'attività produttiva, la nuova linea guida dettata dalla sostenibilità si prospetta in una visione unitaria segnata dalla filiera agroalimentare in cui acquisisce peso il confronto tra domanda e offerta di alimenti sostenibili sul mercato a favore dell'adozione di metodi naturali di produzione. Invero, l'individuazione di metodi di produzione, biologica o integrata<sup>16</sup>, ne rappresentano la concreta applicazione per il ridotto impatto sugli ecosistemi e sono già da tempo adottati dagli agricoltori anche in ragione della dichiarata preferenza dei consumatori europei. Si sottolinea, in altri termini, il riferimento ai metodi di produzione e quindi alle tecnologie impiegate con l'adozione di norme di comportamento di tipo sostanzialmente orizzontale mirate a proteggere l'ambiente.

Giova rilevare che la riforma della PAC *post* 2020, le cui proposte legislative sono attualmente in discussione<sup>17</sup>, pur non facendo espresso riferimento agli atti delle Istituzioni sopra enunciati (mentre costante è il riferimento alla citata Comunicazione su *Il futuro dell'alimentazione e dell'agricoltura*) indica gli obiettivi concernenti il clima e l'ambiente come prioritari da perseguire attraverso i piani strategici adottati dagli Stati membri<sup>18</sup> e la necessità di promuovere la modernizzazione e la sostenibilità del settore primario in una visione globale e quindi secondo una declinazione della sostenibilità che è economica, sociale, ambientale e climatica. Nel quadro della nuova architettura della PAC si crede di poter osservare che le misure tradizionali, quali la *condizionalità*, verranno superate e integrate da nuovi impegni collegati alle questioni climatico-ambientali. Queste trovano conferma non solo nella definizione degli obiettivi – che dovranno essere in linea con le finalità del *Green Deal* – ma soprattutto nella definizione dei piani strategici: nella Raccomandazione per i piani strategici per l'Italia, la Commissione individua quattro aree volte a promuovere un settore agricolo resiliente e diversificato che garantisca la sicurezza alimentare, che sia capace di rafforzare la tutela dell'ambiente

<sup>16</sup> Direttiva (CE) 2009/128 del Parlamento europeo e del Consiglio del 21 ottobre 2009 che istituisce un quadro per l'azione comunitaria ai fini dell'utilizzo sostenibile dei pesticidi.

<sup>17</sup> Il Regolamento (UE) 2020/2220 del Parlamento europeo e del Consiglio del 23 dicembre 2020 ha prorogato il periodo di durata dell'attuale quadro del pacchetto di riforma della PAC del 2013 fino al 31 dicembre 2022.

<sup>18</sup> Cfr. art. 91 e ss. della Proposta di Regolamento del Parlamento europeo e del Consiglio del 1 giugno 2018, COM(2018)392.

e l'azione per il clima, e rafforzare il tessuto socio economico delle zone rurali e promuovere l'innovazione tecnologica<sup>19</sup>.

#### 4. REGOLE DI FILIERA E “ALIMENTO SOSTENIBILE” TRA ESIGENZE DI MERCATO E RELAZIONI CONTRATTUALI

Di fronte a un contesto normativo in forte evoluzione e non in grado di definire, allo stato, un quadro disciplinare uniforme e organico attraverso cui delineare le regole per la sostenibilità della filiera agroalimentare, le esigenze dettate dal mercato sembrano accelerare la definizione di sistemi produttivi coerenti con le finalità della sostenibilità. Invero, complice la crescente sensibilizzazione dei consumatori verso gli alimenti frutto di una produzione compatibile con gli obbiettivi della sostenibilità, la ricerca di un alimento qualificabile come sostenibile, e in quanto tale distinguibile sul mercato, ha condizionato i sistemi produttivi e le relazioni tra imprese e tra imprese e consumatori.

Se si assume che la sostenibilità coinvolge il complesso delle attività che si sviluppano lungo la catena alimentare e si propone di eliminare o ridurre le esternalità negative, allora diviene oggetto di particolare interesse da parte del consumatore non solo l'alimento in quanto sostenibile, ma l'intero processo produttivo, che implica un giudizio di valore sull'attività economica considerata meritevole solo se rispetta l'ambiente secondo i canoni della sostenibilità. In altri termini, la sostenibilità diviene regola che le parti volontariamente definiscono nell'ambito delle proprie relazioni contrattuali per produrre un alimento sostenibile. Sul piano oggettivo, ciò risulta perseguibile attraverso regole unitarie dell'intero ciclo produttivo e gli strumenti di certificazione, o protocolli e regolamenti che coinvolgono tutti gli operatori e che condizionano le fasi della filiera e che, all'atto finale, si traducono in segni o marchi attraverso cui veicolare apposite informazioni volontarie (i.e. *Green claim*). In particolare, su base volontaria le parti definiscono, in piena autonomia, i termini contrattuali per la produzione di un prodotto, e la sua successiva trasformazione o lavorazione in modo da poter qualificare il prodotto come sostenibile. Un atto rilevante, che se da un lato segna l'attenzione del mercato, dall'altro condiziona fortemente la produzione agricola in quanto obbliga le imprese ad adeguarsi a modelli e sistemi produttivi maggiormente compatibili che spesso esigono anche investimenti in tecnologia.

<sup>19</sup> Raccomandazione della Commissione per il *Piano strategico della PAC dell'Italia* del 18 dicembre 2020, COM(2020)396.

Nella stessa prospettiva si colloca su un diverso piano, questa volta soggettivo, l'attenzione che diverse imprese agricole e industrie alimentari hanno dimostrato verso la necessità di perseguire attraverso la propria attività anche finalità di interesse collettivo. Il riferimento è alle c.d. "società *benefit*", che si riscontrano in molte realtà anche del settore alimentare, attraverso cui perseguire oltre alla partecipazione agli utili una o più finalità di beneficio comune a favore della collettività e operano in modo responsabile, sostenibile e trasparente nei confronti della collettività, dell'ambiente e del territorio<sup>20</sup>. Questo si sostanzia nel perseguimento di una o più esternalità positive (o nella riduzione degli effetti negativi) a vantaggio della collettività e/o di altri portatori di interessi, del territorio o dell'ambiente, e rappresenta l'elemento che consente di indicare le *società benefit* quali società contributive o rigenerative, differenziandole dalle società estrattive. Il concetto di beneficio comune si colloca perfettamente nell'ambito dei 17 *SDGs* e, più in particolare, del *Green Deal*. Posto che tutti i modelli societari possono costituirsi o trasformarsi in società *benefit*, tale qualifica è subordinata al rispetto di una serie di adempimenti societari, tra cui indicare nell'oggetto sociale le finalità di beneficio comune che si intendono perseguire, disciplinando i conseguenti obblighi degli amministratori o soggetti delegati.

Se le fattispecie citate mettono in luce una combinazione favorevole di interessi e approcci normativi, ove le iniziative volontarie, che coinvolgono anche il pubblico e il privato, in cui il pubblico assume un ruolo guida e costituisce il denominatore comune di questi istituti giuridici, non si può non rilevare che sul piano concreto è nel mercato che si misura maggiormente il peso della sostenibilità a dimostrazione della sensibilità crescente del consumatore europeo. Nel prevedere modelli di consumo alimentare sostenibili, particolare attenzione è rivolta a veicolare particolari informazioni sugli alimenti a vantaggio di un consumo che oltre a essere sano e salutare provenga da fonti sostenibili. Negli ultimi anni le imprese hanno sentito sempre di più la necessità di comunicare il proprio impegno sul fronte della sostenibilità, anche in considerazione della riscontrata maggiore disponibilità da parte dei consumatori ad acquistare prodotti e servizi rispettosi dell'ambiente e della comunità, attraverso l'impiego di specifici *claim* oppure marchi ecologici o certificazioni per attestare una filiera interamente *green* e sostenibile.

È quindi possibile osservare come la tematica della sostenibilità rappresenti un interessante punto di incontro tra la disciplina del contratto e l'ambiente, e ciò in quanto la tutela ambientale tende a "funzionalizzare" il rapporto contrattuale in ragione degli interessi di matrice ambientale ove il primo diventa

<sup>20</sup> L'Italia è stata la prima a introdurre in Europa una disciplina specifica avente a oggetto le società *benefit* con la l. 28 dicembre 2015, n. 208 (Legge di Stabilità 2016), in vigore dal 1° gennaio 2016.

funzionale alla realizzazione degli obbiettivi del secondo, con conseguenze rilevanti anche sul piano dell'interpretazione dei precetti contrattuali.

## 5. CONCLUSIONI

La prospettiva dell'indagine sul piano giuridico evidenzia la complessità assiologica del termine e l'assenza di disposizioni normative unitarie capaci di delineare i precetti da applicare alla filiera agroalimentare. Rileva, invero, precisi obbiettivi riportati nel *Green Deal* e un indirizzo programmatico estremamente ampio che si ricava dagli atti di *soft law* ove la sostenibilità si pone quale chiave di sintesi di interessi apparentemente non convergenti posti in linea in funzione del proclamato interesse ambientale e dell'esigenza di un approccio che coinvolge tutti i settori produttivi. La realizzazione di tali obbiettivi da raggiungere attraverso una strategia di lungo periodo e una serie di adempimenti normativi mette ulteriormente in luce l'attualità della questione e l'impegno assunto a livello europeo a dimostrazione della necessità di coinvolgimento che supera i confini dei singoli Stati membri e che si estende all'intera comunità.

L'idea di base che si ricava dall'insieme degli atti europei è una esigenza di trattare la *sostenibilità* coinvolgendo l'intera filiera agroalimentare con conseguenze sul piano giuridico, oltre che pratiche. Poiché, se l'obbiettivo è la sostenibilità ambientale questa dovrebbe essere perseguita a tutto tondo in ragione della sua pluridimensionalità con riferimento a tutti i fattori che determinano, direttamente o indirettamente, uno squilibrio. In altri termini, nella *food system*, ove la catena alimentare rinviene una forte e stringente regolamentazione in ragione della *food safety*, ma anche della *food security*, l'inserimento della sostenibilità acquisisce un particolare peso in quanto rappresenta un obbiettivo da perseguire attraverso la definizione di regole – incentivanti, e quindi da adottare su base volontaria, o obblighi specifici – trasversali a tutte le attività attraverso cui rimuovere o comunque ridimensionare le esternalità negative. La produzione di alimenti non risponde, infatti, più ai soli criteri della sicurezza alimentare, dettati dal reg. 178/2002, ma viene declinata al soddisfacimento di esigenze di portata generale e di natura trasversale per garantire un consumo responsabile del cibo. Il raggiungimento degli obbiettivi della sostenibilità (ambientale, sociale economica) nella produzione agroalimentare e l'immissione sul mercato di "alimenti sostenibili" pone diverse questioni giuridiche.

Tecnologia e scienza, economia e ambiente, etica e diritto, sono oggi alla base del processo che lo sviluppo sostenibile ha avviato per perseguire gli obbiettivi dichiarati. In questa prospettiva, si ritiene di poter osservare che

questa fase storica rappresenta indubbiamente un momento di transizione che si esaurirà, in un tempo non troppo lungo, nel momento in cui oltre agli obbiettivi il legislatore avrà previsto regole comportamentali e precetti da poter osservare e applicare anche nel sistema alimentare. Una fase di transizione segnata da alcune incertezze soprattutto con riguardo alla conformazione dell'attività produttiva in funzione appunto della sostenibilità, posto che il raggiungimento degli obbiettivi indicati rappresenta una sfida da perseguire non solo a livello locale, ma implica una partecipazione globale perché coinvolge l'intera umanità.

#### RIASSUNTO

Il riferimento alla sostenibilità se rapportata al sistema della filiera agroalimentare prospetta in chiave giuridica diverse questioni, alcune delle quali di difficile soluzione ove si considerino l'ampiezza degli interessi coinvolti e le attività che intervengono lungo la filiera. Il perseguimento degli obiettivi della sostenibilità, infatti, tenuto conto della sua multidimensionalità (*i.e.* ambientale, sociale, economica) e della sua dimensione globale, per la produzione di "alimenti sostenibili" portano il giurista a mettere in luce i molteplici aspetti dello sviluppo sostenibile nelle fasi non solo della produzione (riduzione dell'uso dei pesticidi, implementazione delle regole sul benessere animale), ma anche nel riequilibrio della ripartizione del valore lungo la filiera volto a garantire un reddito adeguato ai produttori, e nel garantire condizioni eque sul piano del lavoro in agricoltura, e nella diffusione di pratiche di *marketing* responsabili, nella disciplina sull'etichettatura sostenibile e sulle informazioni nutrizionali, nella riduzione degli sprechi. La dimensione economica e giuridica della filiera agroalimentare rappresenta l'ambito di intervento degli obbiettivi della sostenibilità, in attuazione delle politiche europee del *Green Deal*, e ancor più della strategia *from Farm to Fork*, che richiede di essere considerata nel suo complesso in una prospettiva unitaria per l'interconnessione degli operatori economici legati da relazioni contrattuali per la cessione dei prodotti lungo la filiera, e ugualmente sul piano del coinvolgimento degli attori politici. Una visione complessa che si traduce in un quadro normativo articolato anche sul piano delle fonti normative multilivello (internazionali, europee, nazionale e regionale) e in continua evoluzione, ove occorre individuare le categorie di strumenti regolativi appropriati e valutarne l'efficacia, in relazione all'intero quadro normativo, che non implica sovrapporre discipline giuridiche esistenti (in particolare la *food safety* e la *food security*), quanto piuttosto incidere attraverso regole sui processi produttivi e, quindi, anche sulla destinazione degli alimenti.

#### ABSTRACT

The reference to sustainability in relation to the agri-food chain system raises several legal questions, some of which are difficult to be resolved, given the scale of the interests

involved and the activities that take place along the chain. In fact, the pursuit of sustainability objectives, taking into account its multidimensionality (*i.e.* environmental, social, economic) and its global dimension, for the production of “sustainable food” leads the jurist to highlight the multiple aspects of sustainable development not only in the phases of the production (reduction to the use of pesticides, implementation of animal welfare practices) but also in the rebalancing of the distribution of the value along the chain aimed at guaranteeing an adequate income for producers and in ensuring fair labour conditions in agriculture, and in the dissemination of responsible marketing practices, in the discipline of sustainable claims and nutritional information, and finally in the reduction of food waste and loss. The economic and legal dimension of the agri-food chain represents the scope of intervention of the sustainability objectives, implementing the *European Green Deal*, and more in detail the “*From Farm to Fork Strategy*”. The former requires to be considered in a unitary perspective for the interconnection of economic operators, linked by contractual relations for the transfer of products along the chain, and equally in terms of the involvement of political stakeholders. This represents a complex vision which is transposed into a regulatory framework that it is also articulated in terms of multilevel regulatory sources (international, European, national and regional) in continuous evolution, where it is necessary to identify the appropriate categories of regulatory instruments and assess their effectiveness, in relation to the entire regulatory framework, which does not imply overlapping existing legal disciplines (with particular reference to food safety and food security), but rather affecting production processes and, therefore, the destination of food, through specific rules.

## BIBLIOGRAFIA

- ALBISINNI F. (2014):  *Mercati agroalimentari e disciplina di filiera*, in «Rivista di diritto alimentare», fasc. 1, 4.
- COSTATO L. (2020): *La politica Agricola dell'Unione europea dopo il Covid-19*, in «Rivista di diritto agrario», I, pp. 690-695.
- GLIESSMAN S.R. (2014): *Agroecology: The Ecology of Sustainable Food System*, CRC Press.
- GRASSI S. (2012): *Problemi di diritto costituzionale dell'ambiente*, Giuffrè, Milano, 122-124.
- JANNARELLI A. (2013): *I prodotti agricoli tra alimenti e merci: alle radici moderne dell'“eccezionalità” agricola*, in «Rivista di diritto agrario», I, pp. 430-438.
- JANNARELLI A. (2015): *Cibo e diritti. Per un'agricoltura sostenibile*, Cacucci ed., Bari.
- JANNARELLI A. (2018): *Il diritto agrario del nuovo millennio tra food safety, food security e sustainable agriculture*, in «Rivista di diritto agrario», I, pp. 548-556.
- LUCIFERO N. (2018): *Il regolamento (UE) 2018/848 sulla produzione biologica. Principi e regole del nuovo regime nel sistema del diritto agroalimentare europeo*, in «Rivista di diritto agrario», I, 477.
- LUCIFERO N. (2021): *La sostenibilità nel sistema della filiera agroalimentare: questioni giuridiche e problemi interpretativi legati alla sua conformazione ai paradigmi dello sviluppo sostenibile*, in *La sostenibilità in agricoltura e la riforma della PAC*, a cura di S. Masini e V. Rubino, Cacucci ed., Bari, pp. 109-139.
- MASINI S. e RUBINO V. (a cura di) (2021): *La sostenibilità in agricoltura e la riforma della PAC*, Cacucci ed., Bari.

- PENNASILICO M. (2016): *Contratto e ambiente. L'analisi "ecologica" del diritto contrattuale*, ESI, Napoli.
- SNYDER F. (1994): *Soft law and Institutional Practice in the European Community*, in MARTIN S., *The Construction of Europe: Essays in honor of Emile Noël*, Dordrecht, 198.

LUIGI FRUSCIANTE<sup>1</sup>, NUNZIO D'AGOSTINO<sup>1</sup>

## Nuove frontiere del miglioramento genetico per affrontare i cambiamenti climatici

<sup>1</sup> Dipartimento di Agraria, Università degli Studi di Napoli Federico II

### INTRODUZIONE

È ormai noto che il cambiamento climatico ha un impatto diretto sull'agricoltura. Negli ultimi decenni si è registrato un innalzamento della temperatura media globale associato a un incremento di fenomeni meteorologici di intensità estrema. La temperatura media della superficie del pianeta è aumentata di circa 0,9° Celsius dalla fine del XIX secolo; un cambiamento principalmente provocato dalle emissioni antropiche di gas serra (Asseng et al., 2015). Gran parte del riscaldamento si è verificata negli ultimi trentacinque anni. La generale tendenza al riscaldamento è confermata dal fatto che gli ultimi sette anni sono stati i sette anni più caldi mai registrati da quando viene monitorata la temperatura media della superficie terrestre (ovvero dal 1850; <https://climate.nasa.gov/>). L'aumento globale della temperatura ha conseguenze irreversibili sul nostro ecosistema, tra le quali l'estinzione di specie e una sensibile riduzione della produttività delle colture. Questo spiega la crescente attenzione verso i processi di "riscaldamento globale" degli ultimi anni (Fahad et al., 2017). Primavere precoci, gelate tardive, estati molto calde e siccitose, violenti temporali estivi con piogge intense e grandinate sono tutti fenomeni ascrivibili al riscaldamento globale. La percezione precoce dello stress da parte delle piante è indispensabile per attivare risposte rapide ed efficienti e innescare i processi di adattamento ambientale immediato (Becklin et al., 2016). Le piante rilevano gli stress ambientali in modo specifico e, di conseguenza, attivano sistemi di segnalazione cellulare a cascata, modulando l'espressione dei geni e assemblando la risposta complessiva con l'obiettivo di ampliare il tasso di sopravvivenza in ambienti ostili.



La risposta allo stress da temperature estreme induce cambiamenti nella respirazione e nella fotosintesi; aumento della produzione e accumulo di specie reattive dell'ossigeno (ROS); variazioni nel contenuto di metaboliti sensibili allo stress, quali zuccheri solubili, aminoacidi, acidi organici, poliammine e lipidi; e cambiamenti nell'organizzazione delle strutture cellulari, che sono accompagnati dalla produzione di fitormoni, antiossidanti e altre molecole protettive (Nievola et al., 2017).

La risposta molecolare alla siccità innesca principalmente la riprogrammazione trascrizionale e fisiologica del metabolismo mediata dall'acido abscissico (ABA), oltre all'incremento del contenuto di proteine con un ruolo decisivo nell'osmo-regolazione, nell'attività antiossidante, nell'embriogenesi tardiva, nella regolazione trascrizionale (Mathur and Roy, 2021). Anche la tolleranza al sale è mediata dall'ABA e dall'etilene che determinano un controllo fine dell'omeostasi ionica. Un alto livello di ioni nel suolo compromette il normale assorbimento dell'acqua da parte delle radici, aumentando la citotossicità e lo squilibrio di pH/nutrienti (Isayenko and Maathuis, 2019). Generalmente, le piante sottoposte a deficit idrico in ambiente con elevata salinità aumentano l'efficienza di assorbimento dell'acqua dal suolo in modo da preservare il turgore cellulare. Inoltre, chiudono gli stomi per ridurre l'evapotraspirazione e alterano il proprio metabolismo per adattarlo alle risorse di carbonio disponibili.

L'esposizione continua a stress ambientali sta mettendo a dura prova l'agricoltura con gravi e irreversibili perdite di prodotto. Per mitigare i danni, è necessario coltivare varietà che meglio si adattino alle mutevoli condizioni ambientali.

In tale contesto, è sempre più rilevante adoperare misure di adattamento, intese come adeguamento da parte dei sistemi naturali o antropici alle attuali o future sollecitazioni determinate dai cambiamenti climatici e dai loro effetti. Pertanto, la comunità scientifica si sta impegnando nell'accrescere e perfezionare le conoscenze sulla risposta delle piante agli stress indotti dai fattori ambientali, così da fornire una più rapida ed efficace modalità d'intervento.

#### LE NUOVE FRONTIERE DELLA SELEZIONE GENETICA

L'adattamento delle piante alle mutevoli condizioni ambientali consente, da un lato, di contenere e attenuare i potenziali danni che ne derivano, dall'altro, di sfruttare eventuali opportunità di selezione. Una strategia sostenibile per far fronte a condizioni ambientali avverse è lo sviluppo di nuovi genotipi/varietà con una capacità di adattamento alle nuove condizioni ambientali e una più elevata tolleranza agli stress. I metodi tradizionali di miglioramento

genetico per stress ambientali comportano la coltivazione di genotipi sottoposti a stress singoli o multipli, e la selezione di linee che mostrano rese maggiori rispetto a varietà di riferimento (questo fornisce una misura diretta della tolleranza allo stress). Tuttavia, la tolleranza agli stress è un fenomeno complesso, controllato da più geni e fortemente influenzato dalle variazioni ambientali. Proprio a causa dei fattori ambientali incontrollabili e dell'influenza di stress diversi, può essere difficile selezionare, attraverso le tecniche convenzionali, genotipi tolleranti a un determinato stress. Vi è, dunque, la necessità di adottare tecniche innovative ed efficienti di miglioramento genetico per facilitare l'ottenimento di linee migliorate per la resistenza a stress abiotici.

Negli ultimi anni, lo sviluppo di tecniche di selezione molecolare e la loro applicazione hanno completamente rigenerato le metodologie di miglioramento genetico. La selezione assistita da marcatori (*marker-assisted selection*, MAS) si è rapidamente diffusa ed è stata utilizzata per complementare la selezione fenotipica tradizionale, agevolando la selezione delle regioni genomiche contenenti quei loci con effetto quantitativo (*quantitative trait loci*, QTL) su un determinato carattere.

Tuttavia, nonostante gli innumerevoli sforzi, sono state poche le varietà migliorate per la resistenza a stress ottenute con l'ausilio della MAS. In alcune specie, come orzo, brassica, fagiolo dall'occhio, mais, patata, riso, sorgo, pomodoro e grano, sono stati individuati QTL per caratteri associati alla tolleranza alle elevate temperature, tra i quali caratteri legati all'allegagione, peso della granella, tasso di riempimento delle cariossidi, fertilità della spighetta, germinabilità del polline e crescita del tubo pollinico (Jha et al., 2014). Per i caratteri con eredità poligenica, controllati da molti loci con effetto "minore", è molto più efficiente ricorrere a strategie di selezione in grado di predire il potenziale genomico di un determinato individuo.

Un approccio di selezione genomica (*genomic selection*, GS) di solito consente una migliore previsione delle potenziali prestazioni di un genotipo, poiché fornisce una stima diretta della probabilità che esso possieda alleli superiori. La selezione basata su dati genomici offre nuove opportunità per accrescere l'efficienza dei programmi di selezione delle piante riducendo il costo per ciclo e il tempo necessario per sviluppare una nuova varietà. I costi decrescenti dei sistemi di genotipizzazione ad alta densità basati sull'identificazione dei polimorfismi a singolo nucleotide (*single nucleotide polymorphism*, SNP) e lo sviluppo di metodi statistici in grado di prevedere con precisione gli effetti dei marcatori, hanno portato ad applicare la GS in diverse colture. Studi recenti hanno dimostrato che la GS è caratterizzata da una maggiore precisione di previsione rispetto alla MAS per quei caratteri controllati da un gran numero di QTL (Bassi et al., 2016).

Pertanto, disporre di piattaforme di selezione genomica ad alta processività, che consentono di misurare in modo sempre più accurato il “reale” effetto delle mutazioni, rappresenta una risposta concreta per contrastare le perdite di produzioni dovute al mutamento climatico in atto.

#### CATTURARE L'ENTITÀ DELLA VARIAZIONE GENOMICA IN SPECIE D'INTERESSE AGRARIO ATTRAVERSO L'ANALISI DEL PAN-GENOMA

La disponibilità di una sequenza genomica di riferimento è di eccezionale valore per la ricerca di base e per il miglioramento genetico. Ciononostante, il genoma di un singolo individuo non rappresenta correttamente l'ampia diversità all'interno di una particolare specie o di una discendenza. La crescente diffusione delle tecnologie di sequenziamento ad alto rendimento e il drastico calo dei costi di sequenziamento hanno favorito il ri-sequenziamento, intero o parziale, dei genomi di ulteriori individui di una stessa specie. Ciò ha già permesso l'analisi dello “spazio genico” e lo studio dello spettro allelico di diverse specie d'interesse agrario, fornendo nuove opportunità per la valutazione della diversità genetica a livello di popolazione.

Una delle ultime strategie per catturare e studiare l'estensione e la distribuzione della diversità genetica è la costruzione di un pan-genoma (Bayer et al., 2020; Della Coletta et al., 2021). Il pan-genoma, il cui concetto è stato introdotto da Tettelin et al. (2005), è il complemento completo di geni in una data specie. È costituito da un genoma “core”, che include geni condivisi tra tutti gli individui della specie, e un genoma “dispensabile” (detto anche genoma “accessorio” o “variabile”), che comprende geni presenti in alcuni ma non tutti gli individui (fig. 1). Il genoma “dispensabile” svolge un ruolo chiave nell'adattamento ad ambienti diversi. Valori inferiori all'85% del rapporto genoma “core”/pan-genoma suggeriscono un'abilità potenziale di adattamento. Tale abilità è assai maggiore nelle piante, il cui genoma “core” rappresenta dal 40 all'80% del pan-genoma (Tranchant-Dubreuil et al., 2019).

La migliore strategia per sviluppare un pan-genoma è quella di sequenziare non solo accessioni rappresentative delle specie coltivate oggetto di studio, che dovrebbero essere raccolte da diverse località geografiche e dovrebbero rappresentare discendenze filogeneticamente distanti, ma anche un numero considerevole di specie selvatiche. Ciò è necessario per catturare la maggiore variabilità genetica possibile all'interno di una discendenza che possa contribuire alla rilevazione di alleli benefici, eventualmente associati a importanti caratteri agronomici, che possono poi essere introdotti in *cultivar* élite.

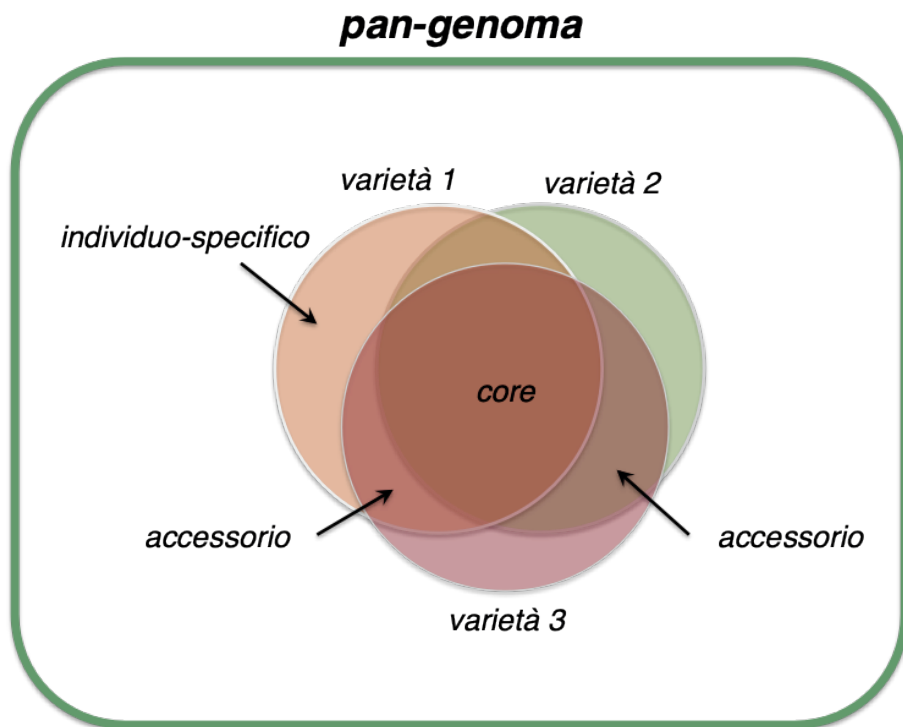


Fig. 1 Un pan-genoma è costituito dal genoma “core”, che include geni presenti in tutti i genomi analizzati; dal genoma “accessorio” che comprende geni presenti in alcuni ma non tutti gli individui; e dal genoma “individuo-specifico”

Negli ultimi anni, sono stati resi pubblici diversi pan-genomi in diverse colture (Golicz et al., 2016; Ou et al., 2018; Zhao et al., 2018) con lo scopo di identificare la base genetica di caratteri complessi e caratterizzare la variazione genomica responsabile della propensione adattativa alle diverse nicchie ecologiche. Recentemente è stato sviluppato il primo pan-genoma di pomodoro, che include alcune specie selvatiche (Gao et al., 2019). Lo studio ha evidenziato che i genomi delle accessioni selvatiche di pomodoro codificano per un numero maggiore di geni, suggerendo così una graduale perdita di geni durante la domesticazione, e che i geni responsabili della risposta agli stress sono sovra-rappresentati nei genomi selvatici. L'estensione di questo tipo di studi ad altre specie d'interesse agrario rappresenta un passo fondamentale per identificare e caratterizzare il “carico genico” perso durante la domesticazione e per fornire una preziosa risorsa che i *breeder* e gli scienziati possono sfruttare per identificare i geni che controllano caratteri economicamente importanti.

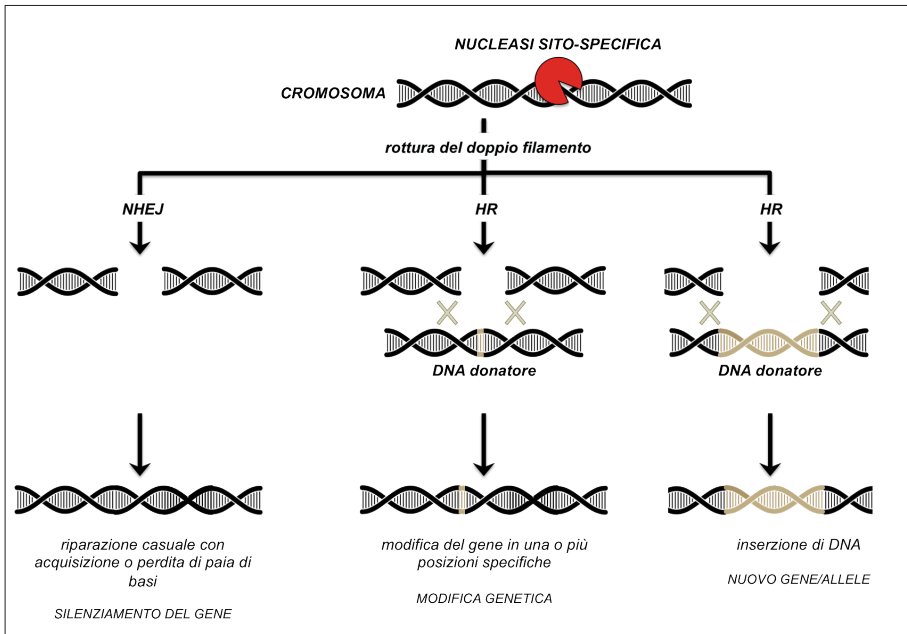


Fig. 2 Una nucleasi sito-specifica in associazione con la sequenza di DNA bersaglio determina una rottura del doppio filamento. La riparazione del DNA può avvenire tramite giunzione non omologa delle estremità («non-homologous end joining»; NHEJ) o ricombinazione omologa («homologous recombination»; HR) utilizzando un DNA donatore. La riparazione del DNA può provocare mutazioni casuali sito-specifiche che determinano il silenziamento del gene bersaglio; un DNA donatore è utilizzato per indurre specifici cambiamenti della sequenza nucleotidica mediante HR; un nuovo frammento di DNA è integrato nel genoma della pianta tramite HR

#### MIGLIORAMENTO GENETICO E NUOVE TECNOLOGIE DI MODIFICAZIONE DIRETTA DEL GENOMA

Nell'ultima decade, le nuove tecnologie di modificazione diretta del genoma (*genome editing*) hanno rivoluzionato il campo della scienza della vita e dell'agricoltura. Queste tecnologie si basano su nucleasi sito-specifiche (*site-directed nuclease*, SDN) ingegnerizzate che consentono di superare le barriere d'incompatibilità sessuale tra le diverse specie e di introdurre varianti alleliche nelle piante coltivate, generando *cultivar* con nuovi caratteri (Cardi et al., 2017) (fig. 2). Contrariamente all'approccio transgenico, che porta a inserimenti casuali e, molto spesso, fenotipi casuali, i metodi di modificazione diretta del

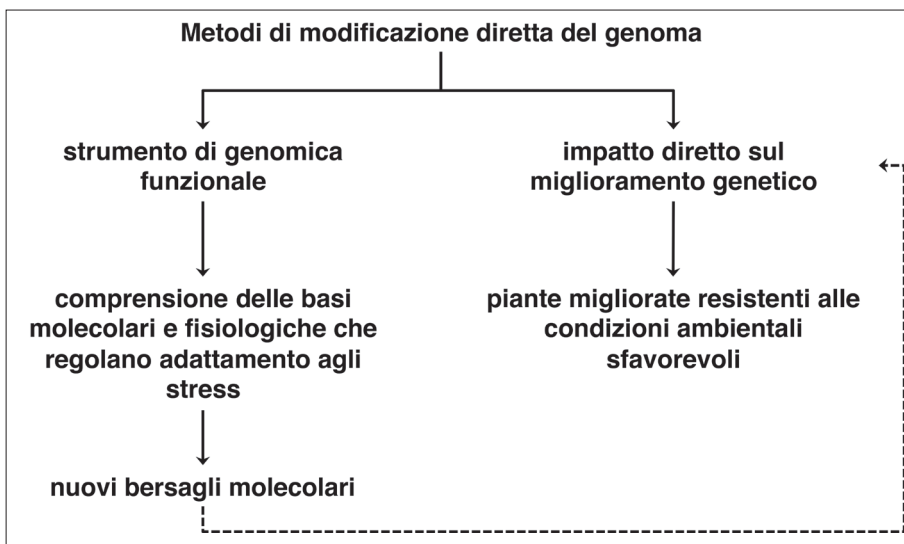


Fig. 3 Strategie di applicazione delle tecniche di modificazione diretta del genoma per affrontare le sfide poste dal cambiamento climatico in atto

genoma producono mutanti definiti, diventando così un potente strumento di genomica funzionale e miglioramento genetico (fig. 3). Le varietà migliorate con questo metodo possono essere utilizzate direttamente in agricoltura. Le SDN come le nucleasi ZFN (*zinc finger nuclease*) e le nucleasi TALEN (*transcription activator-like effector nucleases*) operano attraverso la fusione di domini di legame al DNA (*DNA-binding domain*, DBD) specifici con una nucleasi. Dopo il riconoscimento della sequenza bersaglio da parte dei DBD, le nucleasi determinano la rottura del doppio filamento di DNA causando mutazioni (delezioni/inserzioni) e relativa perdita di funzione del gene (Cardi et al., 2017). Più di recente, la tecnologia CRISPR-Cas (*Clustered Regularly Interspaced Short Palindromic Repeats - Cas*) ha permesso di sviluppare nucleasi ingegnerizzate capaci di guidare la modifica su una sequenza bersaglio mediante un RNA guida (gRNA) appositamente progettato (Doudna and Charpentier, 2014; Wanda et al., 2020).

Tuttavia, a causa della natura complessa degli stress abiotici non sono disponibili molti studi che vantano l'applicazione della tecnologia CRISPR-Cas per l'ottenimento di nuove *cultivar* tolleranti. Sicuramente grazie agli importanti progressi raggiunti nella comprensione della regolazione trascrizionale, della trasduzione del segnale e dell'espressione genica delle piante sottoposte a stress abiotici, oggi, possiamo disporre di nuovi bersagli molecolari (i.e.,

geni) coinvolti nella tolleranza agli stress da impiegare per migliorare varietà di interesse (Zafar et al., 2020).

Come accennato in precedenza, i metodi di modificazione diretta del genoma sono talvolta impiegati come potente strumento di genomica funzionale al fine di comprendere le basi molecolari e i processi fisiologici che regolano l'adattamento delle piante agli stress abiotici nel breve e nel lungo periodo (fig. 3).

Ad esempio, dati di espressione genica hanno evidenziato che il gene *SlNPR1* è espresso in tutti i tessuti vegetali ed è fortemente indotto dallo stress idrico nella pianta di pomodoro. Il sistema CRISPR/Cas9 è stato utilizzato per generare mutanti *slnpr1* nel *background* genetico della cultivar 'Ailsa Craig'. I mutanti hanno generalmente mostrato una ridotta tolleranza alla siccità con una maggiore apertura stomatica, una maggiore perdita di elettroliti, livelli superiori di malondialdeide e perossido d'idrogeno e ridotta attività degli enzimi ad azione antiossidante rispetto alle piante *wild type* (WT) (Li et al., 2019).

Il sistema CRISPR/Cas9 è stato anche impiegato per ottenere mutanti *loss-of-function* del gene *SIMAPK3*. Sottoposti a stress idrico, i mutanti *slmapk3* hanno mostrato, sintomi di avvizzimento più gravi, contenuto di perossido d'idrogeno più elevato, e hanno subito danni irreversibili alle strutture di membrana rispetto alle piante WT (Wang et al., 2017).

Il sistema CRISPR/Cas9 è stato, inoltre, utilizzato per generare mutanti in riso del gene *OsSAPK2* (*SAP osmotic stress/ABA-activated protein kinase 2*). Analisi di espressione genica hanno rivelato che l'espressione di *SAPK2* è fortemente indotta da stress idrico, NaCl e glicole polietilenico, ma non dall'ABA. Analisi fenotipiche hanno dimostrato che i mutanti *sapk2* (i) sono insensibili all'ABA durante le fasi di germinazione e post-germinazione; (ii) sono sensibili alle condizioni di siccità, con tassi di sopravvivenza inferiori rispetto alle piante WT; (iii) mostrano una maggiore perdita d'acqua, un contenuto inferiore di prolina e zucchero solubile, proporzioni più elevate di stomi completamente aperti, superiori livelli di ROS ed inferiore attività degli enzimi ad azione antiossidante (Lou et al., 2017).

Altre volte, invece, i sistemi di *editing* del genoma hanno un impatto ancora più diretto sul miglioramento genetico volto a migliorare la tolleranza agli stress abiotici (fig. 2). Seguono alcuni degli esempi più recenti.

Il gene *ENHANCED RESPONSE TO ABA1* (*ERA1*) codifica per la subunità beta della farnesiltransferasi e regola la via di segnalazione dell'ABA e la risposta alla disidratazione. Linee mutanti di riso *osera1*, caratterizzate da mutazioni *frameshift* indotte da CRISPR/Cas9, mostrano (i) una maggiore crescita delle radici primarie; (ii) una maggiore sensibilità all'ABA e (iii) una

migliore risposta allo stress idrico in virtù di un'efficiente regolazione stomatica (Ogata et al., 2020).

Il gene ARGOS8, regolatore negativo di risposta all'etilene, è stato modificato in mais con l'intento di variarne i *pattern* di espressione genica (i.e., un'espressione ubiquitaria ed elevata in diversi tessuti e stadi di sviluppo) mediante inserzione del promotore GOS2 nella regione 5'UTR. I mutanti ottenuti hanno mostrato un aumento significativo della resa in granello in condizioni di stress e nessuna perdita di resa in condizioni di buona irrigazione (Shi et al., 2017).

Il gene bersaglio OsRR22 è stato modificato da Zangh et al. (2019) con l'intento di migliorare la tolleranza alla salinità del riso. I risultati hanno mostrato che, allo stadio di plantula, la tolleranza alla salinità delle linee mutanti omozigoti T2 era significativamente superiore rispetto alle piante WT.

Un gene di regolazione dello sviluppo, OsEPFL9 (*Epidermal Patterning Factor like-9*), noto anche come STOMAGEN, è stato modificato in riso. Il gene bersaglio è un regolatore positivo dello sviluppo degli stomi. I mutanti *loss-of-function* generati presentano una densità stomatica delle foglie inferiore; sono in grado di trattenere l'acqua e mostrano una migliore tolleranza alla siccità (Yin et al., 2017).

Questo elenco rappresenta una ridotta serie di esempi dell'applicazione delle più avanzate tecniche d'ingegneria genetica per generare piante migliorate tali da resistere in condizioni ambientali sfavorevoli e/o per aiutare gli scienziati che si occupano di ricerca di base a scoprire potenziali soluzioni alle sfide poste dal cambiamento climatico in atto.

## RIASSUNTO

Per mitigare i danni dovuti alla continua esposizione delle piante d'interesse agrario agli stress ambientali è necessario sviluppare e coltivare varietà che meglio si adattino al cambiamento climatico. Tuttavia, la tolleranza agli stress è un fenomeno complesso, controllato da più geni ed è fortemente influenzato dalle variazioni ambientali. A causa di fattori ambientali incontrollabili e dell'influenza di stress diversi, è necessario ricorrere a tecniche di miglioramento genetico più mirate al fine di ottenere più facilmente linee tolleranti. Negli ultimi anni, lo sviluppo di tecniche di selezione molecolare e la loro applicazione hanno drasticamente trasformato le strategie di miglioramento genetico. Tuttavia, per caratteri a eredità poligenica, è preferibile utilizzare strategie in grado di predire il potenziale genomico di ciascun individuo. I costi decrescenti dei sistemi di genotipizzazione ad alta densità basati sui polimorfismi a singolo nucleotide (SNP) e lo sviluppo di metodi statistici in grado di prevedere con precisione gli effetti dei marcatori hanno portato ad applicare la selezione genomica in diverse colture. D'altro canto, il sequenziamento dei genomi di ulteriori individui di una stessa specie sta consentendo la costruzione di pan-genomi for-



nendo nuove opportunità per la valutazione della diversità genetica a livello di popolazione e per l'identificazione di geni che controllano caratteri economicamente importanti.

Nell'ultimo decennio, le "tecnologie di modificazione diretta del genoma" hanno rivoluzionato il campo delle scienze della vita e dell'agricoltura. Queste tecnologie, che si basano su nucleasi sito-specifiche ingegnerizzate, permettono di superare le barriere d'incompatibilità tra le diverse specie e d'introdurre geni/alleli nelle piante coltivate, generando *cultivar* con caratteri nuovi o migliorati. Contrariamente all'approccio transgenico classico, i metodi di modificazione diretta del genoma producono mutanti definiti, diventando così un potente strumento di genomica funzionale e miglioramento genetico. Le varietà migliorate con questo metodo possono essere utilizzate direttamente in agricoltura.

#### ABSTRACT

Cultivars that are more suited to climate change need to be grown to mitigate damage due to continued exposure of crops to environmental stresses. However, stress tolerance is a complex phenomenon controlled by multiple genes and it is strongly influenced by environmental variations. Due to uncontrollable environmental factors and the influence of different stresses, it is necessary to resort to more targeted breeding techniques in order to more easily obtain tolerant lines. In recent years, the development of marker-assisted selection techniques and their application have transformed breeding strategies. However, for traits with polygenic inheritance, it is preferable to use strategies capable of predicting the genomic potential of each individual.

The descending costs of high-throughput genotyping systems and the development of statistical methods capable of precisely identifying marker effects have led to the application of genomic selection in different crops. On the other hand, the genome sequencing of a growing amount of individuals within the same species is allowing the construction of pan-genomes, thus providing new opportunities for the assessment of genetic diversity at the population level and for the identification of genes/alleles that control economically important traits. Over the past decade, genome editing technologies have revolutionized the field of life science and agriculture. These technologies, which are based on site-directed engineered nucleases, allow to overcome the barriers of incompatibility between different species and to introduce genes/alleles into cultivated plants, generating cultivars with novel/improved traits. Contrary to the classical transgenic approach, genome editing methods generate defined mutants, thus becoming a powerful functional genomics and genetic improvement tool. Varieties improved with this method can be directly used in agriculture.

#### REFERENZE

- ASSENG S., FOSTER I.A.N. & TURNER N.C. (2011): *The impact of temperature variability on wheat yields*, «Global Change Biology», 17 (2), pp. 997-1012. doi:10.1111/j.1365-2486.2010.02262.x

- BASSI F.M., BENTLEY A.R., CHARMET G., ORTIZ R. & CROSSA J. (2016): *Breeding schemes for the implementation of genomic selection in wheat (Triticum spp.)*, «Plant Science», 242, pp. 23-36. doi: 10.1016/j.plantsci.2015.08.021.
- BAYER P.E., GOLICZ A.A., SCHEBEN A., BATLEY J. & EDWARDS D. (2020): *Plant pan-genomes are the new reference*, «Nature plants», 6 (8), pp. 914-920. doi: 10.1038/s41477-020-0733-0.
- BECKLIN K.M., ANDERSON J.T., GERHART L.M., WADGYMAR S.M., WESSINGER C.A. & WARD J.K. (2016): *Examining plant physiological responses to climate change through an evolutionary lens*, «Plant Physiology», 172 (2), pp. 635-649. doi:10.1104/pp.16.00793.
- CARDI T., D'AGOSTINO N. & TRIPODI P. (2017): *Genetic transformation and genomic resources for next-generation precise genome engineering in vegetable crops*, «Frontiers in Plant Science», 8, 241. doi: 10.3389/fpls.2017.00241
- DELLA COLETTA R., QIU Y., OU S., HUFFORD M.B. & HIRSCH C.N. (2021): *How the pan-genome is changing crop genomics and improvement*. *Genome Biology*, 22 (1), pp. 1-19. doi: 10.1186/s13059-020-02224-8.
- DOUDNA J. A. & CHARPENTIER E. (2014): The new frontier of genome engineering with CRISPR-Cas9, «Science», 346 (6213). doi: 10.1126/science.1258096.
- FAHAD S., BAJWA A.A., NAZIR U., ANJUM S.A., FAROOQ A., ZOHAI B. ... & HUANG J. (2017): *Crop production under drought and heat stress: plant responses and management options*, «Frontiers in Plant Science», 8, 1147. doi:10.3389/fpls.2017.01147.
- GOLICZ A.A., BAYER P.E., BARKER G.C., EDGER P.P., KIM H., MARTINEZ P.A. ... & EDWARDS D. (2016): *The pangenome of an agronomically important crop plant Brassica oleracea*, «Nature communications», 7 (1), 1-8. doi: 10.1038/ncomms13390.
- ISAYENKOV S.V. & MAATHUIS F.J. (2019): *Plant salinity stress: many unanswered questions remain*, «Frontiers in Plant Science», 10, 80. doi: 10.3389/fpls.2019.00080.
- JHA U.C., BOHRA A. & SINGH N.P. (2014): *Heat stress in crop plants: its nature, impacts and integrated breeding strategies to improve heat tolerance*, «Plant Breeding», 133 (6), pp. 679-701. doi: 10.1111/pbr.12217.
- LI R., LIU C., ZHAO R., WANG L., CHEN L., YU W. ... & SHEN L. (2019): *CRISPR/Cas9-Mediated SINPR1 mutagenesis reduces tomato plant drought tolerance*, «BMC Plant Biology», 19 (1), pp. 1-13. doi: 10.1186/s12870-018-1627-4.
- LOU D., WANG H., LIANG G. & YU D. (2017): *OsSAPK2 confers abscisic acid sensitivity and tolerance to drought stress in rice*, «Frontiers in Plant Science», 8, 993. doi: 10.3389/fpls.2017.00993.
- MATHUR P. & ROY S. (2021): *Insights into the plant responses to drought and decoding the potential of root associated microbiome for inducing drought tolerance*, «Physiologia Plantarum», 172 (2), pp. 1016-1029. doi: 10.1111/ppl.13338.
- NIEVOLA C.C., CARVALHO C.P., CARVALHO V. & RODRIGUES E. (2017): *Rapid responses of plants to temperature changes*, «Temperature», 4 (4), pp. 371-405. doi: 10.1080/23328940.2017.1377812.
- OGATA T., ISHIZAKI T., FUJITA M. & FUJITA Y. (2020): *CRISPR/Cas9-targeted mutagenesis of OsERA1 confers enhanced responses to abscisic acid and drought stress and increased primary root growth under nonstressed conditions in rice*, PloS one, 15 (12), e0243376. doi: 10.1371/journal.pone.0243376.
- OU L., LI D., LV J., CHEN W., ZHANG Z., LI X. ... & ZOU X. (2018): *Pan-genome of cultivated pepper (Capsicum) and its use in gene presence-absence variation analyses*, «New Phytologist», 220 (2), pp. 360-363. doi: 10.1111/nph.15413.
- SHI J., GAO H., WANG H., LAFITTE H.R., ARCHIBALD R.L., YANG M. ... & HABBEN J.E.

- (2017): *ARGOS 8 variants generated by CRISPR-Cas9 improve maize grain yield under field drought stress conditions*, «Plant Biotechnology Journal», 15 (2), pp. 207-216. doi: 10.1111/pbi.12603.
- TETTELIN H., MASIGNANI V., CIESLEWICZ M.J., DONATI C., MEDINI D., WARD N.L. ... & FRASER C. M. (2005): *Genome analysis of multiple pathogenic isolates of Streptococcus agalactiae: implications for the microbial "pan-genome"*, «Proceedings of the National Academy of Sciences», 102 (39), 13950-13955. doi: 10.1073/pnas.0506758102.
- TRANCHANT-DUBREUIL C., ROUARD M. & SABOT F. (2019): *Plant pangenome: impacts on phenotypes and evolution*, «Annual Plant Reviews», doi: 10.1002/9781119312994.apr0664.
- WADA N., UETA R., OSAKABE Y. & OSAKABE K. (2020): *Precision genome editing in plants: state-of-the-art in CRISPR/Cas9-based genome engineering*, «BMC Plant Biology», 20, pp. 1-12. doi: 10.1186/s12870-020-02385-5.
- WANG L., CHEN L., LI R., ZHAO R., YANG M., SHENG J. & SHEN L. (2017): *Reduced drought tolerance by CRISPR/Cas9-mediated SIMAPK3 mutagenesis in tomato plants*, «Journal of Agricultural and Food Chemistry», 65 (39), pp. 8674-8682. doi: 10.1021/acs.jafc.7b02745.
- YIN X., BISWAL A.K., DIONORA J., PERDIGON K.M., BALAHADIA C.P., MAZUMDAR S. ... & BANDYOPADHYAY A. (2017): *CRISPR-Cas9 and CRISPR-Cpf1 mediated targeting of a stomatal developmental gene EPFL9 in rice*, «Plant Cell Reports», 36 (5), pp. 745-757. doi: 10.1007/s00299-017-2118-z.
- ZAFAR, S. A., ZAIDI, S. S. E. A., GABA, Y., SINGLA-PAREEK, S. L., DHANKHER, O. P., LI, X., ... & PAREEK, A. (2020). Engineering abiotic stress tolerance via CRISPR/Cas-mediated genome editing. *Journal of Experimental Botany*, 71(2), 470-479. doi: 10.1093/jxb/erz476.
- ZHANG A., LIU Y., WANG F., LI T., CHEN Z., KONG D. ... & LUO L. (2019): *Enhanced rice salinity tolerance via CRISPR/Cas9-targeted mutagenesis of the OsRR22 gene*, «Molecular Breeding», 39 (3), 1-10. doi: 10.1007/s11032-019-0954-y.
- ZHAO Q., FENG Q., LU H., LI Y., WANG A., TIAN Q. ... & HUANG X. (2018): *Pan-genome analysis highlights the extent of genomic variation in cultivated and wild rice*, «Nature genetics», 50 (2), pp. 278-284. doi: 10.1038/s41588-018-0041-z.

SIMONE ORLANDINI<sup>1</sup>

## La sostenibilità nei sistemi agrari

<sup>1</sup> Dipartimento di Scienze e Tecnologie Agrarie, Alimentari, Ambientali e Forestali (DAGRI) - Università di Firenze

### INTRODUZIONE

Prima dell'era industriale la nostra società viveva principalmente con produzioni derivanti dalle attività agricole e con prodotti dell'artigianato locale. L'agricoltura forniva derrate alimentari, mangimi e foraggi per gli allevamenti, fibre tessili vegetali e animali per la produzione di tessuti e legname per la produzione di energia per il riscaldamento, per la lavorazione di materiali e per la cottura dei cibi. Nella seconda metà del secolo scorso la globalizzazione ha portato a un surplus delle produzioni e dei consumi, compresi quelli energetici e alimentari. Questo ha cambiato radicalmente le nostre abitudini e le economie locali che venivano da esse alimentate, con impatti anche sulla sostenibilità economica e ambientale degli stessi consumi.

Il settore agricolo è uno dei contesti che nel corso degli anni è andato incontro a mutamenti, sfide e progressi per soddisfare il fabbisogno alimentare della popolazione mondiale in costante crescita e con esigenze e bisogni in continuo mutamento. Per i sistemi agrari in particolare è necessario aumentare l'efficienza di uso delle risorse, ossia incrementare la produzione, ma impiegando un minor quantitativo di input, mantenendo al contempo alti standard produttivi, qualitativi e ambientali, garantendo sostenibilità anche economica e sociale. Questo è raggiungibile attraverso una intensificazione sostenibile dell'agricoltura basata sull'applicazione della conoscenza e sull'utilizzo degli strumenti messi a disposizione della tecnologia e dal progresso scientifico. Serve inoltre collaborazione e conoscenza reciproca tra consumatore e produttore.

Documento di riferimento in questo contesto è Agenda 2030 che riporta i 17 goals della sostenibilità. Il settore agricolo, pur non essendo direttamente

riportato fra i 17 obiettivi, trova stretti legami diretti e indiretti con la quasi totalità di essi, in tutti e tre i pilastri di riferimento: economico, sociale e ambientale. Pur con le difficoltà contingenti, anche legate alla pandemia che ancora ci affligge, l'agricoltura riesce a dare un contributo significativo al raggiungimento degli obiettivi che sono stati prefissati per il 2030 e che potrebbero auspicabilmente portare benefici per l'ambiente e per tutta la popolazione.

## I SISTEMI AGRARI

Il reale progresso dei sistemi agrari dovrebbe portare a raggiungere contemporaneamente un duplice e ambizioso traguardo: produzione e sostenibilità. Ovviamente i concetti sopra riportati possono essere declinati in modi diversi e talvolta, erroneamente, considerati contrapposti. Per quanto riguarda la produzione, in funzione dei contesti ambientali, tecnologici e sociali, è necessario considerare aspetti qualitativi e quantitativi. Nel contesto della sostenibilità, è importante che i tre pilastri vengano tenuti in considerazione in modo concorde, evitando che si vada in una direzione che possa ostacolare il raggiungimento degli altri. In questo ambito, risulta evidente la contrapposizione che talvolta si manifesta, fra sostenibilità economica e gli aspetti sociali e ambientali. È invece essenziale per una gestione efficiente e moderna dei sistemi agrari, che i tre aspetti possano essere affrontati in modo integrato.

Il raggiungimento di quanto sopra descritto principalmente si origina da attività di miglioramento genetico (sviluppo di nuove varietà) e dal progresso tecnologico (nuove tecniche colturali). In particolare, possono essere riportati alcuni punti di riferimento sui quali l'attività dovrebbe svilupparsi o che dovrebbero essere tenuti in considerazione, anche per l'adozione di specifiche misure per prevenire le eventuali criticità che potrebbero insorgere:

- aumento della popolazione;
- nuove esigenze alimentari (maggior popolazione anziana, maggior reddito pro-capite, passaggio da una alimentazione di sussistenza a una a base di cibi elaborati);
- abbandono della campagna (urbanizzazione e uso del suolo);
- nuovi mercati per l'agricoltura (dall'alimentare, alle fibre, alla farmaceutica, alle energie);
- ricerca di un prodotto di qualità, sano, locale, a basso impatto ambientale e economicamente giusto (anche per il produttore);
- ricerca di superficie coltivabile;

- conservazione del territorio;
- assecondare i consumi e le richieste di mercato;
- ridurre gli sprechi;
- mitigazione e adattamento ai cambiamenti climatici.

Di particolare rilievo è l'attenzione che la politica e i consumatori stanno mettendo verso l'adozione di pratiche sostenibili. In questo modo gli agricoltori possono trovare un terreno fertile adottando pratiche sostenibili in quanto, da un lato, creano i presupposti per ricevere i contributi comunitari previsti dalla PAC e, dall'altra, riscuotono il gradimento dei consumatori. A tale scopo risulta particolarmente importante l'adozione di adeguati protocolli e di indicatori di sostenibilità.

#### I PROTOCOLLI DI SOSTENIBILITÀ

Il bilancio di sostenibilità descrive in modo completo l'azienda non solo dal punto di vista finanziario, ma anche dal punto di vista sociale, ambientale e del territorio. Si tratta di una integrazione volontaria delle preoccupazioni sociali ed ecologiche delle imprese nelle loro operazioni commerciali e nei loro rapporti con le parti interessate. Il bilancio sociale è l'esito di un processo con cui ci si rende conto delle scelte, delle attività, dei risultati e dell'impiego di risorse in un dato periodo, in modo da consentire agli interlocutori di conoscere e formulare un proprio giudizio su come venga realizzata la missione produttiva e di tutela ambientale.

Ad esempio, seguendo lo schema della guida dell'OIV sulla viticoltura sostenibile, è possibile rilevare che la gestione sostenibile dei sistemi agrari prende in considerazione i sistemi di produzione e di trasformazione del prodotto, associando contemporaneamente la durata economica delle strutture e dei territori, l'ottenimento di prodotti di qualità, la presa in considerazione delle esigenze di una *smart agriculture*, dei rischi legati all'ambiente, la sicurezza dei prodotti e la salute dei consumatori e la valorizzazione degli aspetti patrimoniali, storici, culturali, ecologici e paesaggistici.

Fondamentali a questo scopo i protocolli che descrivono la tecnologia necessaria per rispondere agli obiettivi prefissati. Quindi consentono l'attuazione di una produzione sostenibile a livello ambientale, sia nelle fasi di produzione, sia di trasformazione, comprendendo il confezionamento, il trasporto e la distribuzione della piccola e grande distribuzione.

## GLI INDICATORI DI SOSTENIBILITÀ

Gli indicatori (ambientali) sono strumenti che rappresentano in modo sintetico e significativo un determinato fenomeno e permettono di valutarlo e di compararlo nel tempo e nello spazio. L'indicatore fornisce informazioni in forma sintetica, semplice di un fenomeno più complesso e con significato più ampio. Si tratta di uno strumento in grado di rendere visibile un andamento o un fenomeno che non è immediatamente percepibile. Caratterizza in modo qualitativo o quantitativo l'elemento osservato. Un indicatore riassume quindi il comportamento di un fenomeno monitorato.

Numerose sono le caratteristiche che un indicatore dovrebbe presentare:

- standardizzare l'informazione;
- rappresentativo del fenomeno analizzato;
- permettere il confronto tra territori diversi (ad esempio ai diversi livelli regionale, nazionale, europeo);
- consentire l'analisi dell'andamento e delle tendenze nel corso del tempo;
- semplificare il processo di comunicazione attraverso il quale l'informazione è fornita all'utente;
- affidabilità e facilità di misurazione;
- fornire informazioni chiare e precise;
- aggregabile in base agli impatti considerati;
- derivare da dati facilmente e ampiamente disponibili;
- versatile rispetto a nuovi input e informazioni;
- devono essere coerenti con le indicazioni normative;
- rappresentare la problematica che descrivono;
- validità scientifica;
- applicabili a diversi contesti territoriali;
- essere di facile interpretazione e comunicazione.

Nel caso dei sistemi agricoli, numerosi studi riportano gli indicatori di sostenibilità adottati, che qui di seguito vengono riportati:

- contenuto di sostanza organica nel suolo (% di sostanza organica o di Carbonio (C) organico, Rapporto C:N ...);
- fertilità biologica suolo (indice QBS, biomassa microbica...);
- fertilità fisico-chimica del suolo (porosità, struttura, CSC, presenza di nutrienti etc.);
- erosione del suolo (parametri USLE, % di suolo con vegetazione);

- agro-biodiversità (numero di specie coltivate nello spazio e nel tempo, inerbimento, rotazioni, sovesci...);
- lisciviazione e runoff di nutrienti (quantità di N e P lisciviati per unità di superficie e di prodotti e concentrazione di nitrati nelle acque);
- lisciviazione e runoff di fitofarmaci (quantità e concentrazione della sostanza e dei suoi metaboliti nelle acque di lisciviazione, per unità di superficie e di prodotto);
- sostenibilità del processo di smaltimento imballaggi e plastiche (es. kg di plastica, quantità di materiale biodegradabile rispetto al no biodegradabile);
- emissioni di gas serra, in campo e in fase di trasformazione (GWP per unità di prodotto o di superficie);
- biodiversità (vegetazione ai bordi dei campi, Indici di biodiversità, fasce tampone, biodiversità di fauna ed insetti);
- apporto di nutrienti e bilancio dell'azoto (quantità apportate, bilancio dei nutrienti adottato, utilizzo di leguminose);
- quantità e tipo di fitofarmaci apportati per ettaro;
- quantità di acqua irrigua consumata nella fase di produzione e trasformazione (acqua blu e grigia, efficienza d'uso);
- consumo di energia fossile in fase di trasformazione e produzione (efficienza uso di energia, Carbon footprint, LCA);
- consumo di bioenergia.

Da evidenziare che se una performance ambientale viene calcolata e riferita all'unità di superficie coltivata produrrà un valore differente rispetto a quella calcolata su unità di prodotto. Ad esempio, le emissioni di N<sub>2</sub>O dal suolo in colture erbacee in rotazione in biologico sono minori rispetto a quelle delle stesse colture in convenzionale se riferite all'unità di superficie coltivata, ma se come riferimento si prende l'unità di prodotto ottenuto, le emissioni di N<sub>2</sub>O tra biologico e convenzionale sono simili.

Esistono inoltre degli indicatori integrati che comprendo al loro interno la sintesi di più processi. Fra questi è possibile ricordare la "Valutazione Del Ciclo Di Vita" (LCA) che è un processo che permette di valutare gli impatti ambientali associati ad un prodotto, processo o attività, attraverso l'identificazione e la quantificazione dei consumi di materia e di energia e delle emissioni nell'ambiente, e l'identificazione e la valutazione delle opportunità per diminuire questi impatti. Importanti anche gli indicatori che appartengono alla famiglia delle "impronte". Ad esempio, il "carbon footprint" misura l'impatto dell'attività antropica sul cambiamento climatico. Rappresenta il totale delle emissioni di gas ad effetto serra, o clima-alteranti (Greenhouse Gas-GHG),



prodotte direttamente o indirettamente da un sistema (prodotto, organizzazione, servizio) e dovute all'attività antropica. Il "water footprint" rappresenta invece l'insieme dei consumi idrici di un sistema produttivo o di un prodotto finito. Suddivide l'acqua in tre componenti: l'acqua verde si riferisce al consumo di risorse idriche contenute nelle piante e nel suolo sotto forma di umidità. Questa frazione serve a comprendere il valore dell'agricoltura non irrigua in termini di risparmio di risorse idriche blu. Queste ultime si riferiscono al consumo delle risorse idriche superficiali e profonde lungo tutta la catena di produzione di un determinato bene. Infine l'acqua grigia si riferisce all'inquinamento delle risorse idriche ed è definita come il volume di acqua dolce necessario per diluire il carico di inquinanti generato da un determinato processo.

Studi sono stati condotti per analizzare l'impatto ambientale di colture erbacee. Ad esempio, i dati raccolti evidenziano che il frumento presenta un sequestro netto di carbonio, con una impronta limitata o negativa. I risultati possono variare in funzione delle condizioni ambientali del luogo di coltivazione, ma appare evidente che l'innovazione delle tecniche agronomiche potrà portare a un aumento della produzione e a un miglioramento dell'efficienza dei fattori della produzione, con ulteriori benefici in termini di sostenibilità economica e ambientale. Per quanto riguarda l'impronta di carbonio della produzione di frumento sulla base dell'analisi del ciclo di vita (LCA), si evidenzia che i fattori più importanti che determinano le emissioni di carbonio sono l'applicazione di fertilizzanti azotati, la combustione della paglia e infine il consumo di energia da parte dei macchinari. Allo stesso tempo, evidenti sono i contributi al sequestro del carbonio, che includono il ritorno della paglia del raccolto, mentre benefici possono essere ottenuti dal controllo nell'applicazione di fertilizzanti azotati chimici e dalla lavorazione minima. Una recente analisi condotta in Italia ha confermato che le operazioni di concimazione e le lavorazioni rappresentano infatti le fonti di impatto più rilevanti. Significativo il fatto che l'efficienza di uso dell'azoto risulti in generale molto bassa, compresa fra il 30% e il 40%, ma che possa essere significativamente incrementata attraverso avvicendamenti con leguminose in grado di apportare consistenti quantità di azoto.

## CONCLUSIONI

In conclusione, le sfide che l'agricoltura dovrà sostenere nei prossimi anni richiedono sforzi intensi e integrati da parte di tutti i soggetti coinvolti nelle filiere produttive: ricercatori, amministratori pubblici, tecnici, agricoltori,

industria, distribuzione, consumatori. Solo attraverso una visione condivisa e di prospettiva, sarà possibile conseguire il duplice obiettivo di produrre e di rispettare l'ambiente. Il settore primario, che da sempre mostra una estrema fragilità e che garantisce redditi limitati agli agricoltori, dovrà essere accompagnato nell'adozione di protocolli in grado di aumentare l'efficienza dei fattori produttivi, dall'acqua, all'energia, all'azoto, etc. In questo si potrà ridurre lo spreco di risorse, mantenendo, se non aumentando, la qualità e quantità dei prodotti.

Importante riportare, per concludere, una lista dei principali servizi ecosistemici che vengono richiesti ai sistemi agricoli, funzionale a rendere evidente la complessità delle sfide che dovranno essere affrontate e, speriamo, vinte:

- la produzione di cibo;
- l'utilizzo di risorse energetiche;
- il controllo degli infestanti;
- l'impatto delle coltivazioni sulla qualità delle acque di rilascio;
- la stabilizzazione del clima;
- la fertilità del suolo.

Avere una buona dotazione di servizi ecosistemici significa avere una maggior "ricchezza" pro-capite in termini di capitale naturale e culturale ed al contempo un livello superiore di salubrità e resilienza dei territori.

## RIASSUNTO

La gestione dei sistemi agrari deve oggi tenere conto degli obiettivi, talvolta purtroppo contrapposti, di produttività e sostenibilità. Il primo per far fronte alle crescenti esigenze alimentari di una popolazione sempre più numerosa, il secondo sulla spinta di criticità ambientali drammatiche. L'innovazione tecnologica fornisce un essenziale supporto per il raggiungimento di questi obiettivi, sia attraverso una quantificazione oggettiva della sostenibilità (impronta del carbonio, idrica, LCA, ecc.), sia fornendo ai tecnici un supporto straordinario di dati e informazioni per guidare e ottimizzare la gestione e programmazione culturale e aziendale. A partire dalla scelta delle colture e delle tecniche di impianto, fino alla gestione della difesa, concimazione, irrigazione e raccolta, i tecnici possono beneficiare in tempo reale di dati con ottima risoluzione spaziale e temporale, sulla cui base poter scegliere i tempi e le modalità di applicazione dei mezzi tecnici per il raggiungimento dei prefissati obiettivi di produzione e sostenibilità. In questo contesto favorevole, un ruolo di primo piano è anche svolto da regolamenti nazionali e comunitari volti a favorire l'adozione di tecniche produttive sostenibili e da una attenzione crescente da parte dei consumatori verso i prodotti a basso impatto ambientale.

## ABSTRACT

*Sustainability in agricultural systems.* The management of agricultural systems nowadays must consider the objectives, sometimes unfortunately opposed, of productivity and sustainability. The first to meet the growing food needs of an increasingly large population, the second driven by dramatic environmental problems. Technological innovation provides essential support for the achievement of these objectives, both through an objective quantification of sustainability (carbon footprint, water, LCA, etc.), and by providing technicians with extraordinary support of data and information to guide and optimize crop and farm management and planning. Starting from the choice of crops and planting techniques, up to the management of protection, fertilization, irrigation and harvesting, technicians can benefit in real time from data with excellent spatial and temporal resolution, on the basis of which they can choose the times and methods of application of the technical tools to achieve the pre-established production and sustainability objectives. In this favourable context, a leading role is also played by national and EU regulations aimed at encouraging the adoption of sustainable production techniques and by a growing attention on the part of consumers to products with low environmental impact.

RAFFAELLO GIANNINI<sup>1</sup>

## La sostenibilità nei sistemi forestali

<sup>1</sup> Accademia dei Georgofili

### I CAMBIAMENTI CLIMATICI FATTORI IRREVERSIBILI

I frequenti e intensi disastri ambientali che si sono susseguiti nel recente passato, ma che sono presenti tutt'oggi provocando effetti devastanti in numerose aree del nostro pianeta, confermano, purtroppo, come i cambiamenti climatici, che si originano in gran parte da una sconsiderata attività antropica, incidano in profondità sugli ecosistemi terrestri. Particolare insistenza e recrudescenza è manifesta su quelli forestali compromettendone la loro funzionalità, ma anche la loro stessa esistenza.

Nel Sesto Rapporto dei cambiamenti climatici reso noto il 9 agosto 2021, lunghe ondate estreme di calore (in Oregon si sono registrati valori di temperatura di 46°C, nell'ovest del Canada, Vancouver, fino a 49,5°C), alluvioni e inondazioni, periodi di prolungata siccità, sono indicati come fattori irreversibili.

Vengono, tra l'altro, associati alla diffusione di incendi, catastrofi che in aree montane, così diffuse come quelle presenti nel nostro Paese, coinvolgono come ulteriore concausa, forte erosione del suolo e dissesto idrogeologico. Questi effetti negativi possono agire congiuntamente e non possono essere considerati più come eventi straordinari, ma rappresentano emergenza diffusa con frequenza in continuo aumento anche per la carenza di altrettanta diffusa prevenzione e salvaguardia.

Invero il rapporto non comunica qualcosa di veramente nuovo da quanto indicato, sebbene come previsioni, all'inizio degli anni '90 del secolo scorso (Giannini e Magnani, 1994). Oggi la situazione è ancora peggiore e si parla di "codice rosso" per la Terra anche a causa dell'aumento nell'atmosfera dei valori di CO<sub>2</sub>, delle deposizioni di N e dei particolati. Tra l'altro ciò determina una conseguenza immediata di natura sociale ed economica rappresentata dalla

riduzione della presenza umana in loco (abbandono) a cui corrisponde un incremento dell'urbanizzazione la quale si insedia e si sviluppa, molto spesso, a scapito dei territori più idonei per la produzione delle derrate alimentari. Questo ultimo fatto e la scarsa considerazione della destinazione agricola (anche se realizzata da millenni, nelle medie latitudini, con l'eliminazione della foresta che dominava il paesaggio) in una scala di valutazione di uso del suolo sollevano non poche perplessità.

Tutto ciò accade in concomitanza della frequenza e intensità degli effetti causati dai disturbi naturali estremi come uragani, tempeste di vento (in Europa più frequenti e dannosi degli incendi fino al 2019) ovvero gli incendi naturali in foresta. Ricordo le più recenti: la tempesta di vento in Toscana (Gianini, 2015a) e Vaia sulle Alpi orientali in Veneto (Chirici et al., 2016; Chirici et al., 2019): gli incendi nell'area mediterranea – solo in Italia nell'estate del 2021 sono stati percorsi dal fuoco oltre 158 mila ettari (EFFIS, European Forest Fire Information), circa 1/3 dell'area interessata a livello europeo –, quelli nelle foreste semi-vergini della Taiga in Siberia (un unico grande incendio ha interessato oltre 9 milioni di ettari) e in quelle della Columbia Britannica in Canada, in California e Oregon negli Stati Uniti di America.

In tale complesso scenario, vorremmo disporre, perché necessario e improcrastinabile, di linee guide operative, confortate da un rigoroso supporto scientifico, per una gestione sostenibile delle foreste tese a favorire l'uso delle loro risorse nel rispetto della loro conservazione, della loro funzionalità e potenzialità produttiva. In questo senso è necessario appropriarsi di una strategia dinamica del problema ben sapendo che le soluzioni devono inserirsi su una visione virtuosa globalizzante, in cui il corretto uso delle risorse consideri gli aspetti ambientali allo stesso livello di importanza di quelli sociali ed economici (Orlandini, 2019; Giannini et al., 2019).

Siamo di fronte a un quadro di difficile comprensione a causa del numero delle interrelazioni che si vengono a creare tra le componenti coinvolte che deve avere comunque visibilità per una gestione sostenibile efficace delle foreste le cui fondamenta risiedono nella comprensione di come boschi diversi, presenti in ambienti differenti, corredati da patrimoni genetici e potenziali adattativi specie/specifici, siano capaci di resistere e reagire all'azione delle componenti dei cambiamenti in atto (Borghetti et al., 2014; Bottacci, 2020).

## IL RAPPORTO UOMO/FORESTA

Il percorso nel tempo del rapporto uomo/foresta ha seguito due domini contrastanti. Il primo, che potremmo definire “risolutivo”, vede l'eliminazione

della foresta per creare spazi a favore delle produzioni agricole e dell'urbanizzazione; il secondo imperniato sulla frammentazione, l'erosione e quindi lo sfruttamento per disporre comunque di benessere economico con una conseguente riduzione delle specifiche componenti e quindi di una profonda alterazione delle proprie caratteristiche modificandone, con cambiamenti spesso permanenti (specie, struttura, numero e densità degli esseri viventi in essi presenti). In questo secondo caso si è fatto ricorso però anche a modelli d'uso rispettosi della complessità e funzionalità dell'ecosistema bosco nonché della sua perpetuità.

Si sottolinea come il dominio "risolutivo", ovvero la deforestazione, permanga diffuso in molte aree del nostro pianeta (occorrono soia e olio di palma per mangimi e bioenergia; si cerca oro e terre rare). Così divengono contraddittori e quasi beffardi i contemporanei appelli che ripetutamente indicano l'essenziale ruolo svolto dalla presenza del bosco e la necessità di ricorrere a una gestione sostenibile dell'ecosistema foresta per una sua conservazione.

Invero in Toscana la superficie della foresta è aumentata come risposta allo spopolamento delle campagne nonché all'abbandono delle attività agricole e zootenico-pastorali. Dal 1954 ad oggi il bosco è avanzato di circa 2.500 ettari/anno (Regione Toscana, 2020).

Quali beni e servizi sono richiesti oggi alla foresta e quali e quanti di questi possono essere realmente forniti?

In un contesto di sostenibilità le foreste sono considerate a pieno titolo "capitali vantaggiosi" in quanto capaci di fornire flussi diversificati di beni e servizi. Presiedono e governano i cicli bio-geo-ecologici degli ecosistemi terrestri, processi fondamentale di vita per l'uomo.

Sono fonte primaria di biomassa legnosa e di prodotti non legnosi.

Le richieste di mercato del bene legno non coprono le esigenze delle filiere di trasformazione. Anche la più antica e diffusa filiera, quella foresta-legno-energia (che tra l'altro non può considerarsi pienamente sostenibile in quanto fonte di produzione di CO<sub>2</sub> e di particolato che permangono elevati anche a causa dell'impiego nel nostro Paese, a tutt'oggi, di una impiantistica di trasformazione obsoleta) non è più soddisfatta in varie aree del pianeta terra. Del resto, secondo quanto indicato da AIEL (Associazione Italiana Energie Agroforestali), in Italia la biomassa legnosa è utilizzata, quale fonte di calore, da circa il 25% delle famiglie: sono circa 15 milioni di tonnellate di biomassa legnosa (3,1 e 11,3 rispettivamente di pellet e legna da ardere).

In effetti diffuse sono le piantagioni specificatamente destinate alla produzione di legno anche in regime di *agroforestry*, che seguono modelli selvicolturali appropriati che considerano l'arboricoltura da legno, ma anche la sostituzione delle cenosi naturali con specie più produttive. Al proposito si

cita il modello di produzione legnosa diffuso negli stati del sud-est degli USA (*tree farms*) che prevede la preparazione e la lavorazione del suolo su decine di migliaia di ettari, l'impiego di popolazioni e tipi migliorati geneticamente, il ricorso a tecniche raffinate di coltivazione, massimizzazione della logistica con raccolta e utilizzo dell'intera pianta (foglie/radici).

Le foreste forniscono ancora servizi ecologici di attenuazione degli effetti delle componenti climatiche estreme tra cui le così dette “bombe d'acqua e di calore”, ma anche servizi estetici e spirituali che condizionano la vita. Sono attuali e in espansione quelli associati alle proprietà bioattive fornite dall'atmosfera forestale in quanto mezzo terapeutico caratterizzato da effetti farmaceutici coinvolti oggi nel trapasso da onda emotiva a puntuali approcci scientifici (Antonelli et al., 2020; Meneguzzo e Zabini, 2020).

Più in generale si può affermare che l'insieme dei servizi che la foresta può esplicare è amplissimo costituendo “benessere pubblico” per cui è necessario perseguire una gestione sostenibile che alla conservazione ecologico-naturalistica ed estetico-paesaggistica, associi metodi di corretto uso, difesa e ripristino, ovvero che faccia ricorso a modelli operativi di coltura organizzati e definiti attraverso parametri scientifici di conoscenza del bosco.

Particolare attenzione sarà richiesta per il ruolo che il bosco rappresenta soprattutto per le comunità presenti nelle aree interne montane del nostro Paese: una fondamentale risorsa economica con propositive possibilità di integrazione territoriale con i prodotti agricoli, il pascolo, la zootecnia, il turismo, la fauna selvatica; integrazione che risulterà vincente nella conservazione e valorizzazione dell'ambiente, del paesaggio, della storia e delle tradizioni.

## SOSTENIBILITÀ E BIODIVERSITÀ

Punto cruciale nella gestione sostenibile delle risorse del nostro pianeta è rappresentato dalla conservazione della biodiversità in generale e della variabilità genetica in particolare. Difatti la funzionalità degli ecosistemi è relata con le caratteristiche e le proprietà delle componenti che li edificano congiuntamente a quelle collettive che derivano dalla loro organizzazione e dagli effetti delle interazioni che si vengono a instaurare a livello di processo.

Il controllo di tali processi è determinato dalla componente genetica dei genomi degli organismi presenti a livello dell'ecosistema che è supportata dalla variabilità espressa dalla complessiva strutturazione dei geni che si configurano come il motore che conferisce perpetuità al sistema da una generazione all'altra. È chiaro allora che la perdita di variabilità diviene reale minaccia alla sopravvivenza.

La diversità assume rilevanza poi nei confronti della produttività essendo correlata con i cicli biogeochimici che nel loro insieme di variabilità differenziale concorrono alla loro stabilità e conservazione. Conoscere tali relazioni rappresenta il punto focale per la comprensione dei processi che governano l'evoluzione, l'adattamento e la presenza delle specie (Giannini e Nocentini, 2010).

Gli alberi forestali, che sono i driver dell'ecosistema bosco, sono obbligati a una lunga immobilità, ma a livello di popolazione sono stati capaci di adattarsi a nuove condizioni ambientali seguendo il risultato dell'azione congiunta dei fattori evolutivi, della plasticità fenotipica e infine anche della migrazione e insediamento in ambienti più adatti. La dimostrazione di tutto ciò ci viene fornita dallo studio dei percorsi e degli insediamenti dei tipi forestali dopo l'ultima glaciazione che evidenzia la diversità autoecologica tra specie pioniere e definitive, ma anche gli effetti della coabitazione e concorrenza interspecifica e la lunghezza temporale necessaria dei percorsi (secoli e millenni).

Il cambiamento globale antropogenico ha operato e opera in tempi relativamente brevi (anni) instaurando scenari ambientali sconosciuti agli alberi (ma a tutto il mondo vegetale che è posizionato al primo livello delle catene trofiche alimentari): ciò può portare a forti e nuove pressioni selettive anche se la presenza di elevata plasticità può costituire aiuto indispensabile di sopravvivenza. In questo scenario una elevata specializzazione, massima espressione di adattamento, può divenire efficace strumento di eliminazione.

Ecco che un'ampia variabilità a livello individuale e di popolazione costituisce il potenziale più efficace di resistenza e resilienza ai nuovi stress. Tra l'altro la diversità tra i taxa ai differenti ambienti, rappresentata e promossa dalla diversità delle frequenze geniche, riflette l'evoluzione adattiva che è osservabile perché ereditabile. In tal senso la genetica quantitativa prende in esame le variazioni fenotipiche generazionali attraverso i valori di ereditabilità che indicano quanto i caratteri che si manifestano diversi siano sotto controllo genetico (Giannini, 2009; Giannini et al., 2019).

#### LA RICERCA DI UN PERCORSO VIRTUOSO

Il rapporto uomo/foresta instauratosi nel tempo ha avuto effetti molto diversificati, ma anche nei casi di basso impatto la visione del bosco inglobava e coinvolgeva questa come soggetto/oggetto fonte della produzione della materia prima legno perché di fatto questa era ed è rimasta bene indispensabile di vita. Il ruolo di altri servizi è stato compreso solo in momenti storici più recenti: esempio, il bosco luogo di sacralità, il bosco serbatoio di Carbonio.



In un contesto di sostenibilità si impone la ricerca del migliore compromesso tra il prelievo della biomassa e la conservazione dei più alti livelli della funzionalità dell'ecosistema foresta. Lo studio temporale di tale compromesso è di fatto il percorso storico della selvicoltura che si appropria della cultura della coltura del bosco mezzo e strumento d'uso.

Da quanto abbiamo già indicato, emerge che il miglior equilibrio dinamico deve considerare prioritaria la conservazione della strutturazione genetica nello spazio e nel tempo perché i complessi genici sono la base fondamentale dell'adattamento evolutivo bene di inestimabile utilità che, tra altro, è impossibile prevedere quale ruolo assumerà nel futuro.

La selvicoltura che si identifica nella scienza e nell'arte di utilizzo dei boschi attraverso i principi dell'ecologia forestale applicati all'impianto, alla rinnovazione, alla modalità di prelievo della biomassa, arreca comunque condizionamenti nella collettività della cenosi forestale nella quale i singoli individui «non si ripartiscono il lavoro, ma si condizionano reciprocamente» (De Philippis, 1949).

Il selvicoltore, che diventa gestore e decisore operativo, deve concentrare l'attenzione sull'insieme degli alberi che lo circondano e individuare quelli che possono essere soppressi in un contesto dinamico finalizzato alla conservazione per il futuro della efficienza funzionale, ma anche strumentale dovendo mediare tra richieste economiche della società ed esigenze ecologiche e non ultimi i diritti della foresta (Ciancio, 2021). Al primo punto di tale pensiero è collocato lo sforzo di contenere al massimo i fattori di disturbo e quindi la modalità di realizzazione del prelievo nel tempo e nello spazio (Clauser, 2021). Per far ciò dispone quasi esclusivamente di strategie che regolano la densità degli alberi. Ecco che al selvicoltore è richiesto di possedere un alto livello di “sapere” e di “mestiere”: il primo si acquisisce prevalentemente dalla lettura dei “libri”; il secondo si realizza vivendo nel bosco per conoscerne la dinamica. Il bosco a un primo impatto può apparire un sistema statico: al contrario possiede nella complessità, una dinamicità intrinseca elevatissima, purtroppo ancora troppo poco conosciuta soprattutto a livello di processo per le difficoltà di studio delle mutevoli condizioni storico-ambientali che si sviluppano in cicli temporali molto lunghi. Quali tratti, funzioni e processi hanno operato e contribuito nel consentire di ammirare e godere oggi della presenza delle sequoie nel Parco di Yosemite in California il cui insediamento è molto probabilmente relato con un grande incendio avvenuto qualche millennio fa? La stessa domanda può essere fatta per le leccete ancestrali del Supramonte di Urzulei e di Orgosolo in Sardegna (Puxeddu, 2021).

In un contesto prevalentemente conservativo si indicano due scenari già descritti anche nel recente passato (Giannini et al., 1999; Giannini e Susmel,

2006; Giannini et al., 2019) che hanno piena validità tutt'oggi e per i quali sono prevedibili interventi puntuali di gestione.

Indichiamo le *foreste di conservazione* che svolgono funzioni incentrate sulla stabilità funzionale e quindi sulla biodiversità che è massima nella maturità biologica. Questa differisce dalla maturità strettamente economica.

Quindi le *foreste polifunzionali* per le quali sono prevedibili diversità d'uso. La coltivazione si attua con l'individuazione e l'applicazione di modelli colturali riferibili a una selvicoltura a favore di una rinnovazione naturale del soprassuolo e di percorsi operativi capaci di raggiungere il migliore equilibrio dinamico fra le funzioni produttiva, protettiva ed estetico-ricreativa della foresta. Occorre valorizzare l'esigenza di mantenere un flusso continuo di prodotti e funzioni esaltando l'incremento dei valori intrinseci e la riduzione degli effetti indesiderati (Nocentini et al., 2020). Si condivide pienamente la preoccupazione espressa recentemente da Marco Borghetti sulla persistenza di una gestione mono-obiettivo imperniata sul taglio a raso per la foresta boreale e argomentata perché coerente con l'obiettivo della transizione ecologica verso la bio-economia (in particolare in Svezia tra l'altro patria di Greta Thunberg!) (Borghetti, 2021). Questa coerenza risulta parziale in quanto riferita a un solo aspetto ignorando la multifunzionalità della foresta che è insita nella propria complessità.

Risulta chiara perciò la necessità di disporre di parametri documentali di ampio dettaglio sulle caratteristiche strutturali del soprassuolo e sulla specificità della dinamica dei cicli successionali del popolamento per definire la quantità dell'incremento di accrescimento annuale che può essere prelevata e le modalità operative di come questa può essere recuperata. In questo senso è valida ancora l'affermazione di Hanns Carl von Carlowitz che nel 1713 indicava che il prelievo non doveva superare l'incremento di crescita del bosco. Ricordo come il valore dell'altezza degli alberi con chioma posizionata nel piano dominante del soprassuolo ( $H_d$ ) sia utilizzato come indice della fertilità della stazione e della normalità produttività potenziale del soprassuolo. Susmel (1956) per i consorzi disetanei *Picea/Abies/Fagus* indica la normalità della biomassa, stimata a metà del periodo di curazione, attraverso la formula  $H_d^2/3$ .

La ricerca in questo campo ha avuto uno sviluppo notevole mettendo a disposizione innovative tecniche di rilevamento da distanza, sistemi satellitari e di archiviazione di dati temporali (Chirici, 2020).

Nelle fustaie i trattamenti selvicolturali si applicano con l'obiettivo di affinare la composizione e la struttura riconsiderando la validità dei presupposti che rappresentano la base dottrinale della normalizzazione e regolazione del popolamento anche se i cambiamenti del trattamento richiedono alta perizia

attuativa che si acquisisce attraverso una continua e attenta osservazione dinamica del bosco in relazione ai prelievi dell'utilizzazione eseguita in precedenza. Esaltare la biodiversità e la sua conservazione, favorire la rinnovazione naturale senza escludere situazioni particolari di valore storico, paesaggistico o economico in cui si possa derogare a favore della rinnovazione artificiale. È necessario operare con gradualità facendo ricorso alle conoscenze fornite dalla ricerca scientifica, ma anche mantenere alti i livelli provvigionali in relazione alla potenzialità produttiva della stazione e avere come obiettivo il raggiungimento di un equilibrio colturale che per approssimazioni successive tenda a quello naturale. Questo potrebbe essere raggiunto attraverso l'impiego di sistemi selvicolturali disetaneiformi e/o a tagli successivi non uniformi che caratterizzano il soprassuolo per una più ampia eterogeneità strutturale associata ad un incremento dell'accumulo di Carbonio nelle varie fasi di sviluppo del popolamento.

Il governo a ceduo, così diffuso nel caso della proprietà privata, è modello di utilizzazione codificato dalla dottrina che viene praticato in un contesto di sostenibilità economica, ma non esclude un forte impatto ambientale tra cui la riduzione della diversità vegetazionale (Heydari et al., 2021). Permangono motivi di riflessione soprattutto se consideriamo la maggiore o minore resistenza e resilienza rispetto alla fustaia nei confronti dell'azione di fattori meteorici estremi relati ai cambiamenti climatici. D'altra parte è diffusa una politica gestionale tesa a valorizzare il ceduo, che non in tutte le situazioni è da condividere e che non dovrebbe configurarsi come una campagna a favore di una gestione finalizzata a un più intenso sfruttamento della biomassa legnosa, bensì diretta alla valorizzazione degli assortimenti legnosi che tali soprassuoli potrebbero fornire e che forse non forniscono per scarsa imprenditorialità dei portatori di interesse (Giannini, 2015b, 2016; Giannini et al., 2014; Giannini et al., 2019).

Esistono invero situazioni a elevato degrado ambientale in cui si rende necessario il ripristino della copertura forestale attraverso il rimboschimento.

Sono continui gli inviti tesi ad adottare politiche finalizzate a rendere "più verde" il nostro pianeta per contrastare e mitigare l'azione dei cambiamenti climatici attraverso una salvaguardia degli ecosistemi forestali e un incremento sostanziale della loro superficie con la "piantagione di nuovi alberi" (Giannini, 2011; Grassi et al., 2017; Marchetti et al., 2019; Giannini et al., 2019). Sono inviti da accogliere con entusiasmo, ma conosciamo anche le grandi difficoltà coinvolte. La realizzazione di nuovi boschi implica necessariamente un progetto coinvolgente che operi su scala nazionale (in tal senso operò la legislazione sulla Bonifica nel 1923 e nel 1952) che preveda la localizzazione e la disponibilità delle aree dove rimboschire, la garanzia di un supporto finanziario certo e una pianificazione di appositi servizi inseriti in un contesto di sviluppo sostenibile coinvolgente gli aspetti ambientali ed economico-sociali del territorio, quindi la

scelta delle specie e del materiale di propagazione, la preparazione del suolo, la tecnica e densità d'impianto, la protezione, le cure colturali (Giannini, 1999). La vulnerabilità (instabilità statica per concorrenza, stress biotici e abiotici) dei popolamenti artificiali, soprattutto se monospecifici di conifere, richiede comunque diradamenti indispensabili, anche quando valutati "pre-commerciali", che si accompagnano per tutta la vita del nuovo soprassuolo e che dovrebbero essere predisposti a favore di una rinaturalizzazione spontanea che potrebbe contribuire alla futura rinnovazione con l'insediamento di specie autoctone tipiche del piano vegetazionale in cui si opera (Giannini et al., 2019).

#### UNA CERTEZZA PER IL FUTURO

Gli alberi forestali per le loro caratteristiche biologiche e per la posizione di driver che rivestono a livello di ecosistema, assumono ruolo essenziale per la storia evolutiva degli organismi terrestri del nostro pianeta e di conseguenza per la biodiversità globale.

È forse questo il primo livello di interesse su cui edificare e sviluppare una gestione sostenibile dei sistemi forestali.

Alcune specie risalgono a periodi molto antichi, altre hanno avuto origine più recente, ma ambedue i gruppi sono accumulati da una lunga immobilità congiunta a un ricco dinamismo a livello di popolazione. La selvicoltura, che sottende l'uso dei beni e dei servizi della foresta a utilità delle esigenze umane, deve operare in modo tale che questa ricchezza di polimorfismi adattativi sia preservata. La perdita non potrà essere mai riconquistata.

Nella pratica la gestione è incentrata sulla regolazione della densità e della distribuzione nello spazio degli alberi stessi, ma gli effetti riguardano modifiche anche molto rilevanti a livello sistemico e ambientale coinvolgendo la presenza/assenza di un sottobosco e/o l'insediamento delle stesse o diverse specie arboree, ma anche la presenza/assenza di funghi, licheni, insetti. Non dimentichiamo poi l'impatto determinato dall'allontanamento dal suolo dei fusti abbattuti dall'intervento. Conoscere, comprendere e attenuare gli effetti negativi della "coltura" solleva problemi di non facile soluzione.

Nel corso del tempo, ma soprattutto negli ultimi decenni i modelli selvicolturali sono stati oggetto di accesi dibattiti indirizzati a sostenere i concetti della scienza della sostenibilità che, in un contesto di globalizzazione, attribuisce alle azioni della società umana gli impatti devastanti dei cambiamenti climatici e nello stesso tempo fa proprio il paradigma dello "spazio di sicurezza" (Rockstrom et al., 2009) in cui i limiti operativi sono definiti da fattori e processi biofisici fondamentali per la biosfera.

Questi fatti invitano ad approfondire le conseguenze delle modalità operative della gestione forestale in quanto questa ultima potrebbe svolgere ruolo essenziale nella capacità di mitigazione da parte delle foreste.

È sempre più diffusa oggi la necessità di operare in un contesto di naturalità che si ottimizza riducendo i fattori di disturbo (Bottacci, 2020). Occorre allora caratterizzare in modo più puntuale le funzioni delle aree forestali descrivendo come siano capaci di svolgere i vari servizi e quindi quantificare la loro posizione in una scala di importanza economico-sociale ed ambientale. Sarebbe utopistico pensare che il bosco possa sempre e comunque esprimere beni congiunti di intensità massima. Tra l'altro occorre riconoscere il valore della presenza di emergenze antropologiche, storico-tradizionali e di folklore alle quali ancora oggi viene riconosciuto un alto valore positivo gestionale.

#### RIASSUNTO

L'attività antropica, nella ricerca del proprio benessere, ha alterato profondamente le caratteristiche degli ecosistemi naturali modificandone la struttura, il numero e la densità degli esseri viventi in essi presenti. A livello mondiale la superficie boscata diminuisce sempre più a causa della deforestazione e dei cambiamenti climatici antropogenici associati e/o conseguenziali ai danni da uragani, vento e incendi. Questi fatti permangono sebbene da oltre mezzo secolo si indichi l'essenziale ruolo svolto dal bosco e la necessità di ricorrere ad una gestione sostenibile dell'ecosistema foresta.

I boschi, se gestiti in modo rispettoso, sono capaci di fornire flussi diversificati di funzioni e servizi. Essenziale è il ruolo di conservazione della biodiversità. La gestione forestale deve essere orientata quindi verso strategie diversificate per preservare le specie con particolare riguardo per quelle a rischio di estinzione per riduzione numerica e/o per alterazione degli habitat, ma anche conservando la variabilità genetica inter ed intra specifica. Perseguire una politica gestionale per entità naturali di forte attrattiva ecologico-naturalistica, scenica ed estetico-paesaggistica, significa individuare e perseguire metodi di gestione definiti attraverso parametri che non possono prescindere dalla conoscenza della funzionalità del bosco. Occorre reperire tali conoscenze da trasferire alla gestione delle foreste coltivate e validare i modelli colturali che in queste vengono applicati attraverso ricerche ad elevata integrazione a livello di singolo individuo e di comunità.

L'allontanamento sempre più spinto dalla naturalità comporta una semplificazione a livello di ecosistema che se ripetuta nel tempo ha come conseguenza una riduzione della funzionalità e della potenzialità produttiva.

#### ABSTRACT

*Sustainability of Forest Ecosystems.* The primary ground of silviculture is the eco-biological knowledge of forest ecosystems, as well as the understanding of relationships among func-

tionality, productivity and stability. In these relationships, high genetic diversity has been shown to enhance ecological efficiency on spatial scale and over various interval of time. As forest trees are the drivers of forest ecosystems, their perpetual existence is fundamental for the presence of organism's associations and for their functionality. In this contest, genetic diversity is the key component for the survival of the forest tree populations and, at the same time, the basis of sustainability because it provides leading material for continued adaptation ed evolution.

The forest ecosystem management is directed to define the best approaches with high protection levels from ecological, historical, anthropological and landscape point of view. A major challenge facing modern silviculture is the reconcile the traditional objectives of timber production with the demand for multifunctional forest ecosystems which arises from the society. The preservation of the functionality is strictly related to the forest genetic pool which is the basis of bio-diversity, as it represent the basis for adaptation and survival of populations and species on relation also to the effects of climate changes.

## BIBLIOGRAFIA

- ANTONELLI M., DONELLI D., BARBIERI G., VALUSSI M., MAGGINI V., FIRENZUOLI F. (2020): *Aromaterapia naturale: benefici per la salute dell'aria forestale*, in MENEGUZZO F., ZABINI F., *Terapia Forestale*, Consiglio Nazionale delle Ricerche, Roma, 2020. ISBN 978 88 8080 430 7. [www.edizioni.cnr.it](http://www.edizioni.cnr.it), pp. 67-75.
- BORGHETTI M. (2021): *Preoccupazioni per la foresta boreale in Europa*, «Forest@», 18, pp. 38-40.
- BORGHETTI M., COLANGELO M., RIPULLONE F., RITA A. (2021): *Ondate di siccità e calore, spunti per una selvicoltura adattativa*, «Forest@», 18, pp. 49-57.
- BOTTACCI A. (2020): *Lo spazio ed il tempo per le foreste resilienti*, «L'Italia Forestale e Montana», 75, pp. 69-81.
- CLAUSER F. (2021): *Produzione biologica, produzione industriale del bosco e recoveryplan*, «L'Italia Forestale e Montana», 76, pp. 137-140.
- CHIRICI G. (2020): *Una nuova era nell'uso del telerilevamento a supporto della pianificazione sostenibile del territorio Big Data e intelligenza artificiale a portata di mano*, «Contesti», 1, pp. 14-35.
- CHIRICI G., BOTTALICO F., GIANNETTI F., ROSSI P., DEL PERUGIA B., TRAVAGLINI D., NOCENTINI S., MARCHI E., FODERI C., FIORAVANTI M., FATTORINI L., GUARIGLIA A., CIANCIO O., BOTTAI L., CORONA P., GOZZINI B. (2016): *Stima dei danni da vento ai soprassuoli forestali in Regione Toscana a seguito dell'evento del 5 marzo 2015*, «L'Italia Forestale e Montana», 71, pp. 197-213.
- CHIRICI G., GIANNETTI F., TRAVAGLINI D., NOCENTINI S., FRANCINI S., D'AMICO G., CALVO E., FASOLINI D., BROLL M., MAISTRELLI F., TONNER J., PIETROGIOVANNA M., OBERLECHNER K., ANDRIOLO A., COMINO R., FAIDIGA A., PASUTTO I., CARRARO G., ZEN S., CONTARIN F., ALFONSI L., WOLYNSKI A., ZANIN M., GAGLIANO C., TONOLLI S., ZOANETTI R., TONETTI R., CAVALLI R., LINGUA E., PIROTTI F., GRIGOLATO S., BELLINGERI D., ZINI E., GIANELLE D., DALPONTE M., POMPEI E., STEFANI A., MOTTA R., MORRESI D., GARBARINO M., ALBERTI G., VALDEVIT F., TOMELLERI E., TORRESANI M., TONON G., MARCHI E., CORONA P., MARCHETTI M. (2019): *Forest damage inventory after the "Vaia" storm in Italy*, «Forest@», 16, pp. 3-9.

- CIANCIO O. (2021): *I diritti del bosco: un problema di natura etica e giuridica*, «L'Italia Forestale e Montana», 76, pp. 101-107.
- DE PHILIPPIS A. (1949): *I diradamenti boschivi*, Universitaria Editrice, Firenze, pp. 340.
- GIANNINI R. (1999): *Rimboschimento*. In *Ecologia Applicata (Società Italiana di Ecologia)*, a cura di A. Provini, S. Galassi, R. Marchetti, Citta Studi Edizioni, Torino, pp. 505-516.
- GIANNINI R. (2009): *Selvicoltura e variabilità genetica: funzionalità e conservazione degli ecosistemi forestali*, Atti Terzo Congresso Nazionale di Selvicoltura, Taormina, 16-19 ottobre 2008, Accademia Italiana di Scienze Forestali, Firenze, pp. 55-59.
- GIANNINI R. (2011): *Utilità e servizi delle foreste: demagogia o tecnica dello struzzo?*, «L'Italia Forestale e Montana», 66, pp. 463-467.
- GIANNINI R. (2013): *Conservazione della diversità genetica e Global Change*, «L'Italia Forestale e Montana», 68, pp. 117-122.
- GIANNINI R. (2015a): *Luragano del 5 marzo 2015*, «Forest@», Sisefeditor.org, <https://sisef.org/2015/03/26/editoriale-luragano-del-5-marzo-2015/>.
- GIANNINI R. (2015b): *La valorizzazione della biomassa legnosa*, in *Il vino nel legno*, a cura di R. Giannini, Firenze University Press, Firenze, pp. 111-129.
- GIANNINI R. (2016): *Legno ed enologia*, «L'Italia Forestale e Montana», 71, pp. 319-329.
- GIANNINI R., MAGNANI F. (1994): *Effects of climate on the genetic diversity of forest trees*, «Annali di Botanica», 52, pp. 175-183.
- GIANNINI R., SUSMEL L. (2006): *Foreste, boschi, arboricoltura da legno*, «Forest@», 3, pp. 464-487.
- GIANNINI R., NOCENTINI S. (2010): *Selvicoltura: biodiversità, risorse genetiche, aree protette e fauna*, «L'Italia Forestale e Montana», 65, pp. 97-111.
- GIANNINI R., GIORDANO E., STETTLER R.F. (1999): *Biodiversità e miglioramento genetico in una selvicoltura sostenibile*, Atti del II Congresso Nazionale di Selvicoltura, Venezia 24-27 giugno 1998, Accademia Italiana di Scienze Forestali, Firenze, pp. 175-210.
- GIANNINI R., MALTONI A., MARIOTTI B., PAFFETTI D., TANI A., TRAVAGLINI D. (2014): *Valorizzazione della produzione legnosa dei boschi di castagno*, «L'Italia Forestale e Montana», 69, pp. 307-317.
- GIANNINI R., BERNETTI G., CAVALLI R., CIANCIO O., GROSSONI P., LA MARCA O., SANESI G., SCARASCIA MUGNOZZA G., UZIELLI L. (2019): *Foreste e verde urbano: un percorso tra sostenibilità e criticità. Quale sostenibilità nella gestione forestale?*, «I Georgofili. Atti della Accademia dei Georgofili», serie VIII, vol. 16, pp. 436-474.
- GRASSI G., HOUSE J., DENTENER F., FEDERICI S., DEN ELZEN M., PENMAN J. (2017): *The keyrole of forests in meeting climate targets requires science for credible mitigation*, «Nature Climate Change», 7, pp. 220-226.
- MARCHETTI M., MOTTA R., SALBITANO F., VACCHIANO G. (2019): *Piantare alberi in Italia per il benessere del pianeta. Dove come e perché*, «Forest@», 16, pp. 59-65.
- MENEGUZZO F., ZABINI F. (a cura di) (2020): *Terapia Forestale*, Consiglio Nazionale delle Ricerche, Roma. ISBN 978 88 8080 430 7. [www.edizioni.cnr.it](http://www.edizioni.cnr.it), pp. 1-125.
- NOCENTINI S., CIANCIO O., PORTOGHESI L., CORONA P. (2020): *Historical roots and the evolving science of forest management under a system perspective*, «Canadian Journal of Forest Research», 5, pp. 163-171.
- ORLANDINI S. (2019): *Sostenibilità della coltivazione del nocciolo in Italia*, «I Georgofili. Atti della Accademia dei Georgofili», serie VIII, vol. 16, pp. 218-219.
- PUXEDDU M. (2021): *Giganti d'Ogliastra: grandi alberi relitti di Sardegna*, «L'Italia Forestale e Montana», 76, pp. 197-203.
- ROCKSTRÖM J., STEFFEN W., NOONE K., PERSSON Å., CHAPIN III F.S., LAMBIN E.F.,



- LENTON T.M., SCHEFFER M., FOLKE C., SCHELLNHUBER H.J., NYKVIST B., DE WIT C., ASTANZA R., SVEDIN U., FALKENMARK M., KARLBERG L., CORELL R.W., FABRY J., HANSEN J., WALKER B., LIVERMAN D., RICHARDSON K., CRUTZEN P., FOLEY J.A. (2009): *A safe operating space for humanity*, «Nature», 461, pp. 472-475.
- REGIONE TOSCANA (2020): *Rapporto sullo stato delle foreste in Toscana 2019*, Compagnia delle foreste Ed., Arezzo, pp. 184.
- SUSMEL L. (1956): *Leggi di variazione dei parametri della foresta disetanea normale*, «L'Italia Forestale e Montana», 11, pp. 3-9.



PAOLO SCKOKAI<sup>1</sup>

## I nuovi modelli di consumo “sostenibile”

<sup>1</sup> Università Cattolica del Sacro Cuore – Piacenza

### LE DETERMINANTI DELLA DOMANDA DI ALIMENTI

La domanda di alimenti risponde a una molteplicità di fattori, che possiamo classificare almeno in tre gruppi: i fattori economici (il prezzo dell'alimento, il prezzo dei potenziali prodotti sostituti, il reddito delle famiglie), i fattori socio-demografici (le dinamiche della popolazione, le dinamiche familiari e quelle sociali) e l'evoluzione dei gusti e delle preferenze individuali.

In questo lavoro, analizzando il tema dei consumi di prodotti “sostenibili”, ci soffermeremo essenzialmente su fenomeni legati all'evoluzione dei gusti e delle preferenze degli individui, con particolare riferimento alla realtà italiana. Non bisogna però dimenticare che le scelte dei consumatori sono sempre influenzate da un mix di fattori, in cui anche le prime due categorie (fattori economici e fattori socio-demografici) giocano un ruolo fondamentale. Ad esempio, con riferimento ai fattori economici, il prezzo cui un determinato prodotto “sostenibile” viene messo in vendita è sempre un elemento di scelta cruciale e dobbiamo aspettarci che, se esistono sul mercato prodotti almeno parzialmente sostituibili, il differenziale di prezzo con questi ultimi possa determinare la scelta tra un prodotto e l'altro. Lo stesso vale per il reddito: anche per i prodotti “sostenibili”, dobbiamo aspettarci che la domanda cresca in periodi in cui la situazione economica generale è positiva e il reddito disponibile delle famiglie tende a salire, mentre, per motivi opposti, la domanda calerà nei periodi di crisi economica.

Qualcosa di analogo vale per le determinanti socio-demografiche dei consumi. Fenomeni che hanno caratterizzato il nostro Paese negli ultimi decenni, come l'allungamento della vita media, la riduzione del tasso di natalità e gli intensi flussi migratori, hanno cambiato in modo radicale la struttura del-

la popolazione, con un impatto inevitabile sui modelli di consumo. Questo vale anche per importanti fenomeni sociali come la crescente partecipazione delle donne al mercato del lavoro o la crescita dei single e delle famiglie mono-genitoriali. È infatti prevedibile che la fascia di popolazione sensibile al tema dei consumi “sostenibili” si concentri tra le famiglie più giovani, relativamente meno numerose e con redditi medio-alti, mentre questa sensibilità cali, ad esempio, tra le famiglie numerose e tra quelle immigrate, almeno per le prime generazioni. Infine, se alcuni dei cambiamenti indotti dalla pandemia da Covid-19 dovessero diventare strutturali (ad esempio la riduzione del pendolarismo e dei viaggi di lavoro e l’aumento del lavoro agile), dovremmo probabilmente aspettarci modelli di consumo “sostenibile” molto più centrati sui consumi a casa che su quelli fuori casa.

## I MODELLI DI CONSUMO SOSTENIBILE

Avendo presente questo contesto, il tema dei nuovi modelli di consumo, derivanti dall’evoluzione delle preferenze dei consumatori, ha assunto negli ultimi tempi un ruolo centrale nella domanda di alimenti. Ci sono almeno cinque driver fondamentali che stanno generando questi nuovi modelli di consumo. Il primo è senza dubbio la *relazione tra alimentazione e salute*: i consumatori sono sempre più consapevoli dell’importanza dell’alimentazione per la loro salute fisica e psicologica, e da questa consapevolezza nascono scelte di consumo mirate al benessere della persona. Il secondo è il *rapporto tra l’alimentazione e l’ambiente*: i consumatori sono sempre più consapevoli che i processi produttivi delle materie prime agricole e della trasformazione alimentare, così come alcuni comportamenti di noi cittadini/consumatori, impattano sulla qualità dell’ambiente in cui viviamo, e anche da questo nascono precise scelte di consumo. Ma esistono almeno altri tre fattori importanti di evoluzione dei gusti: *il contenuto di servizio degli alimenti*, che risponde a esigenze quali la praticità e il risparmio di tempo, che continuano a essere molto rilevanti, *il piacere dell’alimentarsi*, che fa invece riferimento ai significati edonistici/conviviali che i consumatori attribuiscono al cibo, e la *territorialità*, che tende invece a enfatizzare il legame tra il cibo e le tradizioni/cultura alimentare di un dato territorio.

Anche se tutti i fattori menzionati contribuiscono a disegnare i modelli attuali di consumo, è soprattutto dai primi due driver, i rapporti alimentazione-salute e alimentazione-ambiente, che si sono sviluppati quelli che oggi chiamiamo modelli di consumo “sostenibile”. Un primo segnale che i consumi stanno cambiando profondamente viene dall’osservazione dei trend di

lungo periodo dei dati ISTAT sui consumi alimentari (ISTAT, 2021): nel periodo 2006-2014, il periodo della più profonda crisi economica del dopoguerra, i consumi alimentari a prezzi costanti<sup>1</sup> sono diminuiti di circa il 13%, un dato molto eclatante, che è stato recuperato solo in parte negli anni successivi, visto che tra il 2014 e il 2020 la crescita è stata solo del 6%. Questo calo così massiccio sembra in contraddizione con la banale osservazione che, in uno scenario in cui la popolazione italiana è rimasta sostanzialmente stabile, intorno ai 60 milioni di abitanti, ci si aspetta che la contrazione dei consumi interessi tutti i capitoli della spesa delle famiglie, ma non la spesa alimentare, considerata un bene essenziale cui non si può rinunciare. In realtà, questo calo ha ragioni più profonde, che vanno molto al di là dell'andamento della congiuntura economica. In primo luogo, esso riflette l'andamento demografico: una popolazione che invecchia, tende naturalmente a ridurre i consumi pro capite. Ma il dato demografico spiega solo in parte questo trend complessivo: tutti gli esperti sono concordi nell'attribuirlo da un lato alla riduzione dell'apporto calorico pro-capite, derivante dalla crescente sensibilità dei consumatori al binomio cibo-salute, e dall'altro alla riduzione degli sprechi alimentari, legato invece al binomio alimentazione-ambiente.

Se i dati aggregati già suggeriscono cambiamenti strutturali importanti, scendendo nel dettaglio dell'andamento delle vendite di specifiche categorie di prodotti, si può apprezzare ancora di più l'impatto che i nuovi modelli di consumo stanno avendo sul mercato alimentare. In questa sede, faremo riferimento ai dati dell'ultima edizione del rapporto dell'Osservatorio Immagino (2021), nato nel 2018 per monitorare i mercati a partire dal contenuto dell'etichetta dei prodotti, lo strumento di comunicazione più importante tra imprese e consumatori. Il rapporto in questione incrocia i dati relativi alle etichette dei prodotti (ingredienti, tabelle nutrizionali, loghi e certificazioni, claim e indicazioni di consumo) con i dati di vendita raccolti da Nielsen mediante i codici a barre, sia presso i punti vendita della GDO (*retail panel*), sia presso le famiglie (*consumer panel*). I prodotti vengono classificati secondo specifici segmenti di mercato, distinti sulla base delle caratteristiche dell'etichetta, e molti di questi segmenti fanno chiaramente riferimento all'area dei consumi “sostenibili”. Il campione monitorato è di circa 120.000 prodotti, comprendenti però una quota significativa di prodotti non alimentari, e vale circa 39 miliardi di euro nel 2020, pari a circa l'83% delle vendite di super e ipermercati in Italia, con una copertura che è ovviamente molto ampia per ca-

<sup>1</sup> I dati dei consumi a prezzi costanti, pur essendo espressi in unità monetarie, consentono di calcolare variazioni nel tempo che rappresentano cambiamenti effettivi delle quantità consumate, in quanto totalmente depurati dell'effetto prezzi.

regorie come gli alimenti confezionati e i surgelati (quasi il 90%) e molto più bassa per l'ortofrutta (intorno al 35%), dove la quota di prodotti etichettati è molto più contenuta.

Procedendo in ordine di importanza, possiamo innanzitutto evidenziare come, nel campione Immagino, siano oltre 10.000 i prodotti che riportano in etichetta un richiamo esplicito ai temi della sostenibilità (es.: materia prima da agricoltura biologica; uso ridotto di prodotti chimici in agricoltura e/o di antibiotici negli allevamenti; riduzione dell'impronta carbonica e in generale delle emissioni climalteranti; certificazioni relative a processi produttivi sostenibili; commercio equo e solidale; rispetto del benessere animale; gestione sostenibile delle risorse di base, come l'acqua o il suolo...). Le vendite di questi prodotti valgono oltre 10 miliardi di euro, che corrispondono a circa il 26% del volume d'affari coperto dall'indagine, con una crescita del 7,6% nel 2020. Si tratta di una quota di mercato molto rilevante che, anche tenendo conto della bassa copertura del campione in alcuni settori, in primis il fresco e l'ortofrutta, implica comunque che i prodotti "sostenibili" rappresentino ormai una fetta molto importante del mercato alimentare.

A completamento di questa analisi, è importante evidenziare il tema del packaging, e in particolare quello relativo alla riciclabilità della confezione in cui gli alimenti vengono venduti. Tra i prodotti inclusi nel campione Immagino, sono circa il 30% quelli che riportano informazioni relativi alla riciclabilità del packaging, che per oltre l'80% dei casi è totalmente o largamente riciclabile. Questo 30% di prodotti vale però circa il 49% delle vendite, a dimostrazione di come i prodotti attenti al tema del packaging siano quelli a più alto valore commerciale.

Infine, una fetta sempre più importante del mercato alimentare è caratterizzata da messaggi in etichetta che richiamano ai cosiddetti elementi *lifestyle*. Valgono infatti ben 3,2 miliardi di euro (con un +7% nel 2020) le vendite di prodotti che richiamano in etichetta l'alimentazione vegetariana o vegana (di gran lunga i più importanti), cui bisogna aggiungere i prodotti con richiami all'alimentazione halal e kosher, decisamente meno importanti ma in grande crescita.

Se poi allarghiamo lo sguardo a quei segmenti di mercato che guardano in modo più specifico al binomio alimentazione-salute, abbiamo anche in questo caso comparti in grande crescita. Ad esempio, i prodotti cosiddetti *free from* valgono quasi 7 miliardi di euro (+3,3% nel 2020), e al loro interno alcuni dei segmenti più importanti richiamano chiaramente i temi della sostenibilità (senza conservanti, senza olio di palma, senza additivi...), mentre i prodotti *rich in* valgono 3,4 miliardi (+4,6% nel 2020), e anche in questo caso contengono categorie chiaramente legate al mondo dei prodotti "sostenibili" (integrali, ricchi di fibre...).

## IL CASO DEI PRODOTTI DA COLAZIONE

A titolo di esempio, si propongono qui di seguito alcuni elementi di un'analisi recentemente effettuata da chi scrive in collaborazione con la società di ricerche di mercato IRI e riguardante i cambiamenti nelle abitudini degli italiani relativamente ai prodotti da prima colazione nel periodo 2014-18.

I dati delineano un quadro molto chiaro dell'impatto dei nuovi trend di consumo sulla prima colazione degli italiani. Il crollo delle vendite di latte fresco è molto consistente (oltre il 15% in 4 anni), con punte superiori al 30% per il latte fresco intero. La categoria del latte parzialmente scremato è di gran lunga la più consumata, ma anche in questa categoria si registrano cali delle vendite molto consistenti sia per il fresco (-26,1%), sia per l'UHT (-17,5%). A questi cali fanno da contraltare i tassi di crescita a due o tre cifre delle bevande sostitutive del latte, ma, se questi ultimi non sono sorprendenti, è invece sorprendente il livello assoluto delle vendite in volume di alcune categorie: le vendite di latte UHT delattosato superano quelle del latte UHT intero, mentre le bevande UHT di soia vendono più del latte fresco intero. È quindi evidente che non si tratta più di sviluppo di prodotti di nicchia, ma di un vero e proprio cambiamento strutturale dei gusti e delle preferenze dei consumatori. Qualcosa di analogo sta succedendo per i prodotti solidi da colazione, sia nel segmento dei biscotti che in quello dei cereali da colazione, in cui, in un quadro di forte calo delle vendite, in particolare per i biscotti (quasi il 30% in meno in quattro anni), si assiste, in entrambi i segmenti, alla sostituzione dei prodotti classici con quelli integrali. Nel segmento dei cereali il “sorpasso” tra le due categorie è già avvenuto da qualche anno, mentre in quello dei biscotti è prevedibile che avvenga a breve, visto il tasso di crescita dei biscotti integrali (+48% in quattro anni) rispetto al forte declino di quelli classici (-57% nello stesso periodo).

## IL RUOLO DELLE POLITICHE PUBBLICHE

Questa analisi relativa ai dati di mercato ci mostra come i prodotti alimentari “sostenibili” abbiano indubbiamente già conquistato fette importantissime di mercato che, anche correggendo per le caratteristiche del campione Immagino, si stima interessino circa il 20% delle vendite alimentari in Italia. A questo risultato, già molto rilevante, potrebbero contribuire, soprattutto nei prossimi anni, politiche pubbliche finalizzate a incentivare l'adozione di diete più salutari e più sostenibili. Questa sembra essere infatti la direzione intrapresa dall'Unione Europea (UE) nel documento “Farm-to-Fork Strategy” (F2FS)

(European Commission, 2020), pubblicato nel 2020 per declinare gli obiettivi del Green Deal europeo nel settore agro-alimentare.

Nella sezione dedicata alla promozione di diete più salutari e sostenibili, la F2FS parte dalla considerazione che gli attuali modelli di consumo non siano sostenibili, né da un punto di vista della salute delle persone né dal punto di vista del loro impatto ambientale. Per questa ragione, si individua la necessità di attuare specifiche politiche UE che, nell'arco di un decennio, stimolino un cambiamento nelle diete, da un lato mediante un riequilibrio dal punto di vista nutrizionale (riduzione dell'apporto calorico medio, e in generali di cibi ricchi di grassi, sale e zuccheri, favorendo invece l'aumento del consumo di ortofrutta, legumi e derivati integrali dei cereali), e dall'altro attraverso una riduzione dell'impatto ambientale del consumo di alimenti, riducendo in particolare le emissioni di gas climalteranti derivanti dalle filiere di produzione. Gli strumenti individuati nella F2FS sono potenzialmente molto impattanti, e per questo stanno suscitando un dibattito molto acceso tra gli addetti ai lavori: (i) l'adozione di un sistema armonizzato obbligatorio di etichettatura nutrizionale per i prodotti confezionati; (ii) l'estensione dell'obbligo dell'indicazione d'origine della materia prima; (iii) il riordino degli schemi volontari di etichettatura "green", in modo da riuscire ad applicare un modello armonizzato di etichettatura riguardante gli aspetti salutistici e ambientali del consumo di ciascun alimento; (iv) l'adozione di incentivi fiscali, legati in particolare all'IVA, per incoraggiare l'adozione di diete più salutari e sostenibili. Senza entrare in dettaglio della discussione di ciascuno di questi strumenti, risulta comunque chiaro come l'UE voglia affidarsi sostanzialmente a due leve: quella più *soft* della comunicazione ai consumatori, in cui ricadono i primi tre strumenti di etichettatura/certificazione, e quella più *hard* degli incentivi/disincentivi fiscali.

Da quando la F2FS è stata pubblicata, il dibattito si è subito concentrato sul sistema di etichettatura nutrizionali, che l'UE vorrebbe adottare molto velocemente (Egnell et al, 2018; European Commission, 2020). Su questo tema però le divisioni sono molto profonde: com'è noto, molti Paesi del Centro-Nord Europa spingono per l'adozione dei sistemi basati sui colori verde/giallo/rosso (dalla *traffic-light label* adottata già da tempo nel Regno Unito al *nutriscore* messo a punto in Francia), mentre i Paesi mediterranei, e in particolare l'Italia, si oppongono fortemente, perché molti prodotti DOP/IGP verrebbero classificati col colore giallo o rosso per effetto dell'apporto calorico elevato e/o dei contenuti relativamente alti di grassi, zuccheri o sale. La proposta italiana del cosiddetto *nutrinform battery*, basato sul contributo di ciascun alimento ai fabbisogni giornalieri raccomandati di calorie e di principi nutritivi, raccoglie ancora molte perplessità, soprattutto per le difficoltà che i consumatori potrebbero incontrare nella sua interpretazione.

Su questo tema il dibattito, anche in sede scientifica, è destinato a continuare, ma sembra abbastanza ovvio prevedere che un accordo su un sistema di etichettatura nutrizionale efficace e trasparente per i consumatori possa evitare il ricorso a strumenti ancora più impattanti, come quelli fiscali (Thow et al., 2014; Bonnet et al., 2020). Una rimodulazione dell’IVA che aumenti le aliquote per i prodotti ricchi di grassi/zuccheri/sale (in linea con le *fat tax* e *sugar tax* già sperimentate in alcuni paesi UE), seppure accompagnata da analoghe riduzioni fiscali per prodotti ricchi in vitamine o fibre (ad esempio l’ortofrutta), incontrano già oggi una netta opposizione da parte degli operatori. Opposizione che diventa persino più forte per l’ipotesi di tassazione degli alimenti in funzione delle emissioni di gas serra derivanti dai loro processi produttivi (la cosiddetta *carbon tax*), anch’essa proposta nella F2FS, che finirebbe col penalizzare fortemente le produzioni di origine animale. Le simulazioni disponibili mostrano infatti come la gestione di questi strumenti fiscali non sia per niente semplice e il loro impatto effettivo sia legato comunque a complessi meccanismi di sostituzione tra prodotti.

#### RIASSUNTO

I consumi alimentari in Italia stanno cambiando in modo molto rilevante, sia in termini di composizione media della spesa alimentare, sia in termini di specifici prodotti consumati. I driver del cambiamento dei consumi alimentari sono legati sia a importanti fenomeni socio-demografici che caratterizzano la società italiana (invecchiamento della popolazione, immigrazione, nuove dinamiche familiari, nuovi modalità di gestione del lavoro e del tempo libero...), sia alle nuove esigenze che i consumatori manifestano nei confronti del cibo. Tra questi nuovi trend, giocano un ruolo fondamentale la crescente consapevolezza del rapporto tra alimentazione e salute e la sostenibilità dei comportamenti di consumo. In questo contesto, il presente lavoro analizza i dati principali relativi all’andamento della domanda alimentare in Italia, utilizzando sia le fonti ufficiali ISTAT che i dati provenienti dalle più importanti società di ricerche di mercato. In particolare, il lavoro cerca di analizzare in dettaglio le caratteristiche dei nuovi trend di consumo (prodotti, volumi e trend di crescita), soffermandosi su alcuni casi studio. Il lavoro si conclude con alcune considerazioni riguardanti il ruolo delle politiche in questa specifica area di applicazione.

#### ABSTRACT

*New Models of Sustainable Food Consumption.* Food consumption patterns in Italy are significantly changing over time, both in terms of food expenditure composition and in terms of specific products consumed. The main drivers of change are related both to

important socio-demographic trends that characterise the Italian society (i.e. population aging, immigration, new household dynamics, new features of work and leisure time,...) and to the new features of consumer demand. Among these new trends, the relationship between food and health and the sustainability of food consumption behaviour play a key role. In this context, this paper wishes to analyse the main data concerning food demand trends in Italy, using both the official statistics (ISTAT) and the data coming from the most important market research companies. In particular, the paper tries to analyse the features of the new consumption trends (products, quantities and growth rates), focusing on some case studies. The paper ends with some considerations concerning the role of policies in this specific areas.

#### BIBLIOGRAFIA

- BONNET C., BOUAMRA-MECHEMACHE Z., RÉQUILLART V. & TREICH N. (2020): *Regulating meat consumption to improve health, the environment and animal welfare*, «Food Policy», 101847.
- EGNELL M., TALATI Z., HERCBERG S., PETTIGREW S., JULIA C. (2018): *Objective Understanding of Front-of-Package Nutrition Labels: An International Comparative Experimental Study across 12 Countries*, «Nutrients», 10 (10), 1542.
- EUROPEAN COMMISSION (2020): *Communication from the Commission to the European Parliament, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions: A Farm to Fork Strategy for a fair, healthy and environmentally-friendly food system*, COM/2020/381 final. Available at: [https://ec.europa.eu/info/sites/info/files/communication-annex-farm-fork-green-deal\\_en.pdf](https://ec.europa.eu/info/sites/info/files/communication-annex-farm-fork-green-deal_en.pdf)
- EUROPEAN COMMISSION (2020): *Report from the Commission to the European Parliament and the Council regarding the use of additional forms of expression and presentation of the nutrition declaration*, COM(2020) 207 final. Available at: [https://ec.europa.eu/transparency/documents-register/detail?ref=COM\(2020\)207&lang=en](https://ec.europa.eu/transparency/documents-register/detail?ref=COM(2020)207&lang=en)
- ISTAT (2021): *Conti e aggregati economici nazionali. Spesa per consumi finali delle famiglie*, Disponibile su <http://dati.istat.it/>.
- OSSERVATORIO IMMAGINO (2021): *Le etichette dei prodotti raccontano i consumi degli italiani*, GS1 Italy. Disponibile su <https://osservatorioimmagino.it/>.
- THOW A.M., DOWNS S. & JAN S. (2014): *A systematic review of the effectiveness of food taxes and subsidies to improve diets: understanding the recent evidence*, «Nutrition reviews», 72 (9), pp. 551-565.



## Considerazioni conclusive

L'incontro è stato organizzato per affrontare alcune tematiche di estrema attualità, che fortemente coinvolgono l'agricoltura e che hanno ripercussioni globali in tema di risorse e impatti sui cambiamenti climatici. Sempre maggiore attenzione è infatti posta alla sostenibilità, impegnando così l'agricoltura in una transizione radicale verso un sistema circolare, solido e resiliente. Le relazioni hanno affrontato il tema in modo ampio, a partire dalle implicazioni principali legate al passaggio da un sistema lineare alla economia circolare che si basa su un uso più efficiente delle risorse naturali non rinnovabili e la valorizzazione degli scarti, che diventano essi stessi risorse, oltre che sulla estensione della vita utile dei prodotti. Fondamentale in questo contesto il ruolo dei consumatori e l'accesso degli agricoltori alle informazioni e innovazioni. Fra queste rientrano a pieno titolo i risultati del miglioramento genetico, soprattutto in considerazione del fatto che negli ultimi anni lo sviluppo di tecniche di selezione molecolare e la loro applicazione hanno drasticamente cambiato le metodologie, i tempi e la qualità dei risultati ottenibili. È stato quindi messo in evidenza che la sostenibilità, se rapportata al sistema della filiera agroalimentare, prospetta in chiave giuridica diverse questioni, alcune delle quali di difficile soluzione ove si considerino l'ampiezza degli interessi coinvolti e le attività che intervengono lungo la filiera. Sia nei sistemi forestali, sia in quelli agrari la sostenibilità assume un ruolo essenziale e crescente. I servizi ecosistemici prodotti dai boschi rappresentano oggi un valore imprescindibile, che deve però coniugarsi con la produzione di reddito. Analogamente nei sistemi agrari la produzione deve garantire il raggiungimento dei diversi ambiti della sostenibilità, economica, sociale e ambientale. Infine, è stato messo in evidenza il ruolo dei consumatori. Al momento, fra i driver del cambiamento dei consumi alimentari (invecchiamento della popolazione,

immigrazione, dinamiche familiari, gestione del lavoro e del tempo libero, ecc.), giocano un ruolo fondamentale la crescente consapevolezza del rapporto tra alimentazione e salute e la sostenibilità dei comportamenti di consumo, fra cui rientra pienamente la sostenibilità dei prodotti.

Produzione e mercato  
innanzi alle sfide del tempo presente:  
diritto al cibo, sostenibilità e mercati

7 settembre 2021

## Programma

14.30 - *Saluti istituzionali*

Coordina: Ferdinando Albisinni

14.45 - Relazioni

LUIGI COSTATO

*Dalla food security alla food sovereignty*

FERDINANDO ALBISINNI

*Diritto al cibo e istituzioni europee e nazionali*

LUIGI RUSSO

*Il nuovo sistema di aiuti all'agricoltura*

MICHAEL T. ROBERTS

*La politica agricola del XXI secolo negli U.S.A.*

EDISON TANG

*La politica agricola del XXI secolo in Cina*

17.30 - *Conclusione dei lavori*

LUIGI COSTATO<sup>1</sup>

## Dalla food security alla food sovereignty

<sup>1</sup> Emerito, Università di Ferrara

### I. LA SOLIDITÀ DELLA CATENA ALIMENTARE ALL'EPOCA DEL COVID-19

La pandemia che ha colpito l'*homo sapiens* fra il 2020 e il 2021 ha messo in crisi molte catene produttive, ma ha risparmiato la catena alimentare, che ha la sua base nell'agricoltura, almeno sino ad oggi.

Gli agricoltori, infatti, normalmente lavorano abbastanza isolati e all'aperto, comportamento sicuramente non favorevole alla diffusione del virus che può, invece, averli contagiati quando si sono recati in depositi o negozi per acquisti. In ogni caso, il flusso dei rifornimenti di alimenti prodotti direttamente dagli agricoltori o delle materie prime agricole da trasformare nell'industria non ha subito significative variazioni rispetto al consueto durante la pandemia; certamente alcuni trasporti su gomma hanno sofferto di qualche interruzione a causa del timore dei conducenti di trasferirsi da un Paese ritenuto al riparo dal Covid-19 ad altro nel quale chiaramente la malattia era molto diffusa. Ma si è trattato di fenomeni di scarsa influenza sulla complessiva circolazione delle merci necessarie all'alimentazione.

Si sono avuti fenomeni di accaparramento da parte dei consumatori, del tutto ingiustificati, che hanno avuto la sola conseguenza dello sbilanciamento delle attività dei fornitori, che hanno, comunque, saputo fare fronte all'eccesso temporaneo di domanda seguito, un paio di mesi dopo, da un crollo della stessa. Un esempio di quanto accennato si è avuto nei mesi di marzo-maggio 2020, caratterizzati da un abnorme aumento della domanda soprattutto di confezioni di farina di grano tenero da un chilogrammo seguito, poi, da una altrettanto abnorme diminuzione della domanda, durata qualche mese. In generale, la reazione psicologica del consumatore europeo agli inizi della pandemia è stata di questo tipo nei confronti di moltissimi prodotti alimentari

confezionati, e sono apparse, nei telegiornali, immagini di grandi superfici destinate alla vendita di prodotti alimentari con gli scaffali vuoti; ma pochi giorni dopo tutto è tornato alla normalità. Ovviamente nelle vicende degli aumenti di prezzo provvisoriamente verificatisi, agli agricoltori sono toccate, di massima, solo le briciole, e ciò in particolare nei settori nei quali manca un organizzato sistema cooperativo che unisca l'offerta.

Neppure la circolazione di prodotti esotici provenienti da Paesi lontani ha subito qualche ritardo; in definitiva la catena alimentare, pur costituita da prodotti provenienti da ogni parte della terra, non ha subito interruzioni a causa del Covid-19.

Eppure la pandemia ha evidenziato, sia pure in settori diversi dall'alimentare, che la presenza di trattati e accordi (su tutti quelli contenuti nel trattato di Marrakech del 1994) stipulati per assicurare la libera circolazione delle merci e dei servizi non è stata sufficiente a evitare alcune disfunzioni e la scomparsa dal mercato mondiale, sia pure temporanea, di qualche prodotto, in particolare se collegato alla lotta contro la infezione pandemica.

## 2. IL MEDIOCRE FUNZIONAMENTO DELLA WTO NEL PERIODO EPIDEMICO

Lo scoppio dell'epidemia di Covid-19 ha comportato un improvviso aumento della domanda di alcuni prodotti medicali la cui produzione, in ragione del basso costo cercato dai produttori, si era localizzata prevalentemente in Oriente, e in particolare in Cina, dove la pandemia sembra certo abbia avuto origine. Questa situazione ha messo l'UE, che pure produce alcuni di questi prodotti, nelle condizioni di intervenire per ridurre l'impatto della carenza degli stessi. Al fine di fronteggiare questa imprevista e gravissima situazione di emergenza, l'Unione Europea ha, pertanto, varato norme attinenti l'autorizzazione all'esportazione dei dispositivi medici di protezione individuale evitando, tuttavia, di trascurare l'accesso ad essi da parte dei Paesi terzi più vulnerabili.

Infatti, due accordi dell'OMC riguardano le misure adottate dai membri per proteggere la salute pubblica o la sicurezza pubblica: l'Accordo sull'applicazione delle misure sanitarie e fitosanitarie (accordo SPS) e l'Accordo sugli ostacoli tecnici al commercio (accordo TBT).

L'Accordo SPS stabilisce che i membri hanno il diritto di limitare gli scambi adottando le misure SPS necessarie per la protezione della vita o della salute umana, animale o vegetale. Queste misure, che andrebbero applicate solamente nella misura necessaria per raggiungere i loro obiettivi, devono fondarsi su principi scientifici ed essere supportate da prove scientifiche. Qualora le

prove scientifiche siano insufficienti, i membri possono adottare misure SPS solo in via provvisoria sulla base delle informazioni pertinenti disponibili.

L'accordo TBT è stato adottato per garantire che i regolamenti tecnici, le norme e le procedure di valutazione della conformità non siano discriminatorie e non creino ingiustificabili ostacoli agli scambi. Allo stesso tempo, l'accordo riconosce il diritto dei membri dell'OMC di attuare misure per raggiungere obiettivi politici legittimi, come la protezione della salute e della sicurezza umana.

Sia l'accordo SPS sia quello TBT impongono ai membri dell'OMC di notificare eventuali requisiti nuovi o modificati che incidono sul commercio e di rispondere alle richieste di informazioni su misure nuove o esistenti. I provvedimenti adottati durante la pandemia, specie in oriente, non hanno rispettato i limiti di intervento previsti dagli accordi citati causando così la quasi cessazione, pur temporanea, della circolazione di alcuni presidi medicali.

Il Covid-19 ha messo, così, a nudo certi limiti evidenti di alcuni accordi contenuti nel trattato di Marrakech, aggravati dal rifiuto statunitense di designare un arbitro per l'Appellate body, comportamento che ha reso impossibile il funzionamento dell'organo, cui si è cercato di porre rimedio con un accordo fra alcuni Stati membri per istituire provvisoriamente un meccanismo alternativo, che però, ovviamente, può funzionare solo per controversie fra gli Stati aderenti.

### 3. GLOBALIZZAZIONE E CATENA ALIMENTARE

Il processo di globalizzazione sviluppatosi negli ultimi decenni è stato causa ed effetto, nello stesso tempo, della delocalizzazione dei processi produttivi del settore secondario prima, e poi del terziario. I costi di produzione, specie della mano d'opera, hanno spinto molte imprese a trasferire alcuni loro centri operativi in zone vantaggiose sotto il profilo ora segnalato, e di là spesso a esportare nei territori abbandonati per la produzione ma interessanti mercati per la vendita.

Questo fenomeno non si è realizzato massicciamente in agricoltura, per la non trasferibilità del terreno, essenziale elemento della produzione primaria. Certo è, però, che alcune coltivazioni orticole, nelle quali la mano d'opera incide significativamente, si sono sviluppate in zone non tradizionali, come i pomodori in Cina, per fare un solo esempio.

L'UE, su pressione di Stati membri con una consolidata tradizione in campo alimentare, ha adottato alcune norme che consentono di individuare, anche grazie alla tracciabilità della materia prima agricola, l'origine del prodotto agricolo di base, come è accaduto, *in primis*, per l'olio d'oliva. Per contro, il

sistema delle DOC e IGP nulla può fuori dell'UE se esistono marchi individuali registrati da tempo usando la stessa denominazione, come accade al Parmigiano reggiano in Canada.

Si tratta, in ogni caso, di *vulnera* niente affatto trascurabili ma, comunque, tali da non incidere in modo grave sulla forza, nel mercato, anche internazionale, dei prodotti alimentari europei e, in specie, italiani.

Non mancano, comunque, prodotti non ottenibili dall'agricoltura europea per ragioni climatiche che costituiscono materie prime di trasformati resi celebri da marchi di industrie europee, come il cioccolato e il caffè.

In tutti i casi, comunque, le vicende pandemiche recenti non hanno inciso significativamente sui traffici internazionali sia all'importazione, sia all'esportazione, di materie prime agricole e di alimenti di produzione industriale. Anzi, la forte diminuzione della circolazione delle merci non alimentari ha causato una notevole riduzione dei noli marittimi consentendo risparmi nei costi dei trasporti dei prodotti agroalimentari.

#### 4. LE NUOVE DIMENSIONI DELLA TERRA E LA NECESSITÀ DI ADEGUARE A ESSE IL GOVERNO DEGLI STRUMENTI VITALI

Gli eventi che hanno provocato difficoltà di approvvigionamento di alcuni prodotti in seguito dalla pandemia di Covid-19 si sono succeduti nel tempo; prima si è verificata la penuria di mascherine e di alcune sostanze utili alla ricerca del virus, poi altri scompensi nella catena produttiva di alcune apparecchiature, per la improvvisa carenza di componenti essenziali, quali quelle del sistema produttivo di autovetture in difficoltà per la scarsità di microchip. In questo ultimo caso sembra che il fenomeno, verosimilmente momentaneo, sia stato dovuto all'aumento rapido nell'uso di queste apparecchiature, verificatosi nei Paesi che per primi sono usciti dalla pandemia e hanno ripreso la produzione in modo molto rapido e fortemente orientata all'automazione dei veicoli e dei macchinari, oltre a qualche ritardo nella ripresa piena di attività da parte di produttori di questa componentistica.

Queste vicende mettono in evidenza il forte sviluppo dell'interconnessione che lega le catene produttive o di approvvigionamento dell'intero pianeta e la scarsa coerenza del sistema politico mondiale con la dimensione globale dell'economia. La catena produttiva dei singoli oggetti, non necessariamente complicati, è costituita da un numero a volte elevato di elementi che provengono da tutte le parti della terra, e il sistema produttivo è così fondato sull'arrivo tempestivo e costante delle singole parti nel luogo ove si monta il prodotto finale, o anche il semilavorato.



La rapidità e sicurezza dei mezzi di comunicazione elettronici e di quelli di trasporto aereo, marittimo e ferroviario, oltre che su gomma, e le regole contenute nel trattato di Marrakech, nei periodi di normalità, hanno permesso la creazione di una rete fittissima di rapporti che, sostanzialmente, hanno reso, di fatto, assai più piccolo il pianeta e più vicini territori un tempo lontanissimi.

Questo nuovo stato di fatto, che si è affermato negli ultimi tempi in conseguenza dello sviluppo della tecnologia delle comunicazioni, ha ricevuto l'impulso giuridico dagli accordi contenuti nel trattato di Marrakech, la cui *governance*, pur rappresentando un progresso rispetto alla situazione precedente, ha mostrato ripetutamente la sua insufficienza e i limiti cui si è già brevemente fatto cenno.

A ben vedere, quando le comunicazioni erano difficili, la sistemazione politica e dimensionale degli Stati era differente; l'impero romano era fortissimamente decentrato amministrativamente e lo stesso esercito, suo punto di forza, era composto da armate separate, dislocate in Gallia, Britannia, Medio oriente, ecc. L'impero cinese, che si è unificato nel III secolo a.C., era governato in modo decentrato da mandarini, frutto di una poderosa scolarizzazione e di esami difficilissimi; comunque il potere centrale era garantito solo dall'esercito, se fedele all'imperatore. Gli incas mantenevano i collegamenti territoriali con messaggeri che correvano verso la capitale con un mazzo di cordicelle che contenevano rudimentali messaggi per la dirigenza.

La ripresa economica medievale fu incentrata, in Europa, sulla città stato, come era stata organizzata la Grecia 1800 anni prima; questa micronizzazione dello Stato era adatta al suo funzionamento e al controllo che i dominanti del momento potevano esercitare su una modesta popolazione e un non troppo vasto territorio.

Ben presto gli sviluppi nel campo degli armamenti e delle flotte permisero a regni inizialmente debolissimamente centralizzati o di modeste dimensioni di affermarsi come Stati nazionali e di sviluppare una politica coloniale; fu il momento in cui l'Europa assunse, in tempi piuttosto rapidi, il controllo di quasi tutto il mondo mettendo a frutto soprattutto la sua superiorità militare e tecnologica.

La terra fu costellata di colonie belghe, olandesi, spagnole, portoghesi e francesi ma, soprattutto inglesi; infatti il regno britannico riuscì conquistare e a controllare un impero immenso, che andava dall'Africa all'Oriente e all'America.

Le navi a vapore prima, diesel poi, e il telegrafo rendevano possibile un efficiente, seppur limitato, collegamento a distanza con i possedimenti coloniali; ma l'India, ad esempio, fu a lungo una specie di colonia detenuta da una so-

cietà privata, come gran parte dell'impero olandese, e molto spesso i re locali erano considerati formalmente al potere anche se sostenuti e sostanzialmente pilotati dalle truppe imperiali o delle società occupanti.

Esistevano, però, in Europa e in parte dell'Asia, Stati che riunivano popoli diversi, i cui sovrani ambivano ad ampliare i loro regni, come i re di Prussia, poi imperatori di Germania, e gli czar di Russia, mentre altri cercavano, con grandi difficoltà, di mantenere uniti sotto di sé i loro Stati compositi, come l'imperatore d'Austria e re d'Ungheria.

Le diminuite dimensioni sostanziali della terra fecero sì che il primo conflitto definito mondiale coinvolgesse, invece, in grandissima prevalenza l'Europa e il Medio oriente, dato che il conflitto cinogiapponese restò per molti aspetti una vicenda separata; l'assetto determinato dai trattati di pace susseguenti, che non tennero conto dei 14 punti di Wilson ma, invece, della volontà di rivincita e di potenza di Francia e Regno Unito, misero in condizioni di non funzionare la Società delle nazioni e gettarono il seme dal quale sarebbe germogliata la seconda guerra, questa veramente mondiale.

Radar, portaerei, sottomarini, decrittatori di messaggi segreti caratterizzarono questa guerra combattuta molto in mare, in battaglie di carri armati e con il coinvolgimento massiccio dei civili grazie a bombardamenti terribili, il più grave dei quali mise fine al conflitto con lo sgancio di due bombe atomiche su due città giapponesi.

Questa guerra è stata molto cruenta e anche molto tecnologica: ma la crescita successiva delle conoscenze, in particolare fisiche, divenne esponenziale anche grazie alla spedizione sulla luna degli statunitensi. E oggi le scoperte si susseguono di giorno in giorno, nel settore delle comunicazioni di ogni tipo (elettroniche, aeree e navali) e in ogni altro campo grazie all'estendersi delle conoscenze, il cui monopolio è stato perduto dall'Occidente.

Da ciò la sostanziale riduzione delle distanze e l'aumento delle possibilità di controllo a distanza; tutto ciò comporta, come ha dimostrato il primo interessante ma modesto tentativo firmato a Marrakech, che occorre una centralizzazione decisionale in alcuni settori vitali per la vita dell'uomo sulla terra: lotta ai cambiamenti climatici e all'inquinamento, controllo sulla distribuzione di alimenti e dei medicinali essenziali, risoluzione delle controversie senza l'uso delle armi, omogeneizzazione di alcune politiche tributarie.

Gli incontri periodici del G7 e del G20 mostrano con evidenza questa necessità, ma costituiscono ancora un sistema debole che richiede sempre un accordo fondato, se si raggiunge, sul compromesso per la necessaria unanimità, residuo del vecchio concetto di sovranità.

Meglio, probabilmente, sarebbe potenziare gli Accordi di Marrakech modificandoli in parte e aggiungendo il settore della sicurezza sociale, quello re-

lativo alla certezza degli approvvigionamenti e quello sulla lotta all'inquinamento e al cambiamento climatico. Si tratterebbe, cioè, di creare una specie di complesso di accordi confederativi limitati ad alcune materie essenziali alla sopravvivenza dell'*homo sapiens*, procedendo, cioè, alla progressiva riduzione di portata della sovranità nazionale a favore di un potere centralizzato in campi di interesse comune e che non possono essere gestiti utilmente in forma separata.

##### 5. OPPURE, RIMETTERE IN PRIMO PIANO LA «FOOD SOVEREIGNTY»

La soluzione proposta potrebbe non realizzarsi, almeno a breve termine. E allora sembra opportuno ripercorrere le vicende causate dal Covid-19 per cercare una soluzione diversa al problema.

Lo scoppio della pandemia ha trovato l'Europa impreparata quanto meno in relazione alle mascherine e agli strumenti per la ventilazione; la produzione di questi strumenti di protezione era praticamente scomparsa dai nostri Paesi e si acquistava il fabbisogno in Cina e in altri Paesi orientali, a prezzi molto vantaggiosi. Ma la Cina inizialmente ha trattenuto la sua produzione finché ha superato la fase più acuta della crisi e l'Europa ha dovuto arrangiarsi promuovendo la creazione di nuove fabbriche di mascherine e di apparecchi per la respirazione che, comunque, sono stati introvabili per un significativo periodo.

Questi eventi sono accaduti violando probabilmente solo blandamente le regole di Marrakech, largamente flessibili come emerge dal par. 6 dell'art. 5 dell'Accordo SPS, ove si prevede che nell'istituire misure sanitarie i Membri fanno in modo che esse non siano più restrittive degli scambi di quanto sia necessario per raggiungere un livello di protezione adeguato, con l'obbligo, e qui sembra che qualche violazione ci sia stata, di scegliere la restrizione meno impattante sul commercio.

Queste vicende ne ricordano altre, per qualche verso, analoghe, anche se non sanitarie: una avvenuta nel 1974 (prima della firma degli Accordi di Marrakech), in occasione del secondo viaggio in URSS del presidente Nixon che accompagnò il negoziato per la riduzione dei missili con la vendita di una enorme quantità di cereali statunitensi all'Unione sovietica: ben 45 milioni di tonnellate.

Anche se i grandi operatori americani di *commodities* sapevano dell'idea di Nixon e si erano coperti, il prezzo subì un forte rialzo, e quello del grano duro crebbe, in un giorno, di 50 dollari alla tonnellata per una improvvisa dichiarazione dell'allora ministro italiano dell'agricoltura che dichiarò che sarebbe

andato a Chicago a comperare tutto il grano duro che serviva ad assicurare la pasta di quel cereale all'Italia a un prezzo ragionevole.

Capite le conseguenze del suo proclama, il ministro preferì pretendere e ottenere dai grandi mercanti italiani di *commodities* la fornitura del grano duro che gli serviva, senza preoccuparsi molto di sapere se questi signori il cereale lo avevano già, a che prezzo e sotto che bandiera.

Un'altra vicenda, più recente, è avvenuta nel 2010. Le pianure russe furono colpite da un incendio colossale che costrinse il governo a bloccare le esportazioni (da notare che nel 1974 l'economia sovietica non riusciva a produrre cereali a sufficienza, ma che dopo la caduta dell'URSS la Russia tornò rapidamente a essere un grande esportatore di cereali, come era all'epoca degli czar).

Questo blocco fece crescere il prezzo di mercato del grano, e la cosa fu particolarmente risentita dai Paesi arabi prospicienti il Mediterraneo, i cui governi praticavano un prezzo politico della farina per tenere basso il prezzo del pane. Scoppiò così la primavera araba, che fece fuggire il signore della Tunisia e finire in carcere Mubarak, e fu fatta conoscere al mondo come una rivoluzione che voleva la democrazia; in verità, salvo qualche allentamento in Tunisia, gli altri Paesi tornarono rapidamente allo *status quo* e, comunque, quei popoli non era tanto la democrazia che chiedevano, quanto il ritorno del prezzo del pane al livello precedente.

Questi due esempi ci fanno capire che il “cigno nero” non è necessariamente limitato a presidi sanitari ma può essere anche legato a una carestia alimentare. Infatti, le scorte di *commodities* rilevate dalla Fao alla fine 2019 erano pari al fabbisogno annuo più quattro mesi di riserve; la Fao precisava, inoltre, che non considerava, a questi fini, fra i consumatori l'11% della popolazione mondiale, perché non in condizione di procurarsi i soldi per acquistare cereali.

Prescindendo da considerazioni morali su quest'ultima segnalazione, scorte per quattro mesi non possono dirsi esagerate; è vero che appare improbabile che ci sia, in un prossimo futuro, carenza di grano o di riso e mais, ma un incendio in Russia, una invasione di cavallette nel nord America o l'esplosione di un vulcano che potrebbe – è già accaduto nella storia – compromettere i raccolti di tutta la terra anche per due anni non sono eventi impossibili.

Ammaestrata dall'esperienza delle mascherine e dalla storia dell'umanità, la Commissione dell'UE dovrebbe prendersi sul serio e dare concreta applicazione alle fumose proposte avanzate nella Comunicazione del 20 maggio 2020: o favorire l'aumento della produzione europea di cereali o, per non violare l'accordo agricolo, assicurarsi delle scorte strategiche dei prodotti agricoli che sono la base della nostra alimentazione. Insomma, se da tempo si lavora per la *food safety*, occorre che si metta in atto una politica di *food security* che sia capace di affermare che una potenza delle dimensioni dell'UE deve reclamare la

sua sovranità alimentare. Infatti, a fronte di una carestia cosa ce ne potremmo fare dei telefonini, delle autovetture e dei mille strumenti tecnologici attuali? Di fronte alla mancanza di un accordo mondiale come quello accennato al punto precedente, è indispensabile che la UE, per quanto ci riguarda, riacquisti la sovranità alimentare (*Food sovereignty*). In ogni caso, quale che sia la soluzione che si vorrà adottare per rendere più sicuri gli approvvigionamenti alimentari nell'UE, occorrerà rinforzare l'organizzazione degli agricoltori nella vendita attraverso la creazione di strutture capaci di concentrare l'offerta e di renderla meno debole rispetto agli acquirenti, anche in presenza delle norme nazionali di attuazione della dir. 633/2019, dopo aver superata, *in primis*, la politica agricola che nel XXI secolo ha scoraggiato la produzione europea di *commodities*.

Tuttavia, proprio nel trascorso mese di agosto, i prezzi delle commodities sono aumentati molto, e quelli del grano duro in modo impressionante; causa di ciò i calori assolutamente inusuali in Canada e anomalie nelle piogge e nelle temperature in Russia; quanto da me avanzato come sospetto di eventi possibili, ma per ora improbabili, si è invece verificato. Non siamo ancora alla carestia mondiale, ma non ne siamo neppure lontani.

#### RIASSUNTO

Occorre riconoscere che nella parte più sviluppata della terra, Cina compresa, la catena alimentare, pur complessa e legata a forniture provenienti da ogni continente, non ha subito disfunzioni durante la pandemia da Covid-19.

Poiché il mercato è globalizzato, la pandemia ha provocato disfunzioni in altre catene produttive, come quella sanitaria; alcuni prodotti non hanno circolato come di consueto e sono stati trattenuti dai produttori per assicurarsi scorte di essi collegate al Covid-19.

Oltre alla debolezza del sistema della WTO, e ad alcune sue eccezioni troppo permissive, in generale si è potuto rilevare che le sostanzialmente ridotte dimensioni della terra, in rapporto alla velocità dei mezzi di comunicazione delle notizie, delle idee ma anche dei trasporti hanno evidenziato la necessità urgente di trovare un sistema che consenta, in alcuni settori come la salute, l'alimentazione e la lotta ai cambiamenti climatici, la creazione di un governo mondiale poiché i problemi accennati non sono utilmente governabili da stati che hanno dimensioni adatte a un periodo in cui la tecnologia non era sviluppata come oggi.

LUIGI COSTATO<sup>1</sup>

## From food security to food sovereignty

<sup>1</sup> Emerito, Università di Ferrara

### I. THE SOLIDITY OF THE FOOD CHAIN IN THE DAYS OF COVID-19

The pandemic that hit *homo sapiens* between 2020 and 2021 has put strain on many production lines, but has spared the food chain, which has its basis in agriculture, at least until today.

Farmers, in fact, usually work quite isolated and outdoors, a behavior that certainly does not foster the spread of the virus which may, on the other hand, have infected them when they went to warehouses or shops for purchases. At any rate, the flow of supplies of foods produced directly by farmers or of agricultural raw materials to be processed in industry has not undergone significant alterations compared to usual during the pandemic; of course, a part of road transport has been affected by some interruptions due to the fear of drivers of moving from a country considered safe from Covid-19 to another in which the disease was clearly widespread. However, these were events of little effect on the overall circulation of basic food products.

There have been cases of consumers hoarding, completely unjustified, which have resulted only in the imbalance of the activities of the suppliers, who have, however, been able to cope with the temporary excess of demand which has collapsed a couple of months later. An example of the above mentioned facts occurred during March - May 2020, months characterized by an abnormal increase in demand, especially for packages of soft wheat flour of one kilogram, which was then followed by an equally abnormal decrease in demand, which lasted a few months. In general, the psychological reaction of the European consumer at the beginning of the pandemic was of this type towards many packaged food products, and images appeared on the news of large areas devoted to the sale of food products with empty shelves; but a few

days later everything was back to normal. Obviously, in the circumstances of the price increases that have temporarily occurred, farmers got, on the whole, only the scraps, and this in particular in sectors where there is no organized cooperative system that unites the supply chain.

Not even the circulation of exotic goods from distant countries has suffered any delay; in the end, the food chain, although consisting of products from all over the world, has not suffered interruptions due to Covid-19.

Nonetheless the pandemic has revealed, even though in sectors other than food, that the presence of treaties and agreements (particularly those contained in the 1994 Marrakesh treaty) drawn up in order to ensure the free circulation of goods and services was not sufficient to avoid some failures and the disappearance from the world market, though temporary, of some products, in particular if related to the fight against pandemic infection.

## 2. THE POOR FUNCTIONING OF THE WTO IN THE EPIDEMIC PERIOD

The outbreak of the Covid-19 epidemic entailed a sudden increase in demand for some medical products whose production, due to the low cost sought by manufacturers, had been mainly localized in the East, and in particular in China, where it seems certain that the pandemic has originated. This situation has forced the EU, which also produces some of these products, to intervene to reduce the impact of their shortage. In order to deal with this unforeseen and very serious emergency situation, the European Union has, therefore, passed rules concerning the authorization to export personal protective medical devices, preventing, however, neglect of access to them by the most vulnerable third countries.

Indeed, two WTO agreements regard measures taken by members to protect public health or public safety: the Agreement on the Application of Sanitary and Phytosanitary Measures (SPS Agreement) and the Agreement on Technical Barriers to Trade (TBT Agreement).

The SPS Agreement establishes that members have the right to restrict trade by taking the SPS measures necessary for the protection of human, animal or plant life or health. These measures, which should only be applied to the extent necessary to achieve their objectives, must be based on scientific principles and be supported by scientific evidence. If scientific evidence is insufficient, members may adopt SPS measures, only provisionally, on the basis of relevant information available.

The TBT agreement was adopted to ensure that technical regulations, standards and conformity assessment procedures are not discriminatory and

do not create unjustifiable barriers to trade. At the same time, the agreement recognizes the right of WTO members to implement measures to achieve legitimate political goals, such as the protection of human health and safety.

Both the SPS and TBT agreements require WTO members to notify any new or changed requirements that affect trade and to respond to requests for information on new or existing measures. The measures taken during the pandemic, especially in the East, did not comply with the limits to intervention provided for by the aforementioned agreements, thus causing the almost end, even though temporary, of the circulation of some medical aids and equipment.

Thus, Covid-19 has exposed certain evident limits of some agreements contained in the Marrakesh treaty, worsened by the US refusal to appoint an arbitrator for the Appellate body, behavior that made it impossible for the institution to function, for which an attempt has been made to find a remedy by means of an agreement between some member states to provisionally introduce an alternative mechanism, but which, obviously, can only work for disputes between the adhering states.

### 3. GLOBALIZATION AND FOOD CHAIN

The process of globalization that has developed in recent decades has been both the cause and the consequence, at the same time, of the delocalization of production processes previously in the secondary sector, and then in the tertiary sector. Production costs, especially costs of labor, have led many companies to transfer some of their operations centers to areas which are favorable with regard to the aspect now reported, and from there often to export to territories which had been deserted as regards production but that are interesting markets for sale.

This occurrence has not happened massively in agriculture, due to the non-transferability of the land, an essential factor of primary production. It is certain, however, that some horticultural crops, in which labor has a significant impact, have developed in non-traditional areas, such as tomatoes in China, to give just one example.

The EU, under pressure from Member States with an established tradition in the food sector, has resorted to some rules that make it possible to identify, also thanks to the traceability of the agricultural raw material, the origin of the basic agricultural product, as has happened, first of all, for the olive oil. On the other hand, the Registered Designation of Origin and Protected Geographical Indication schemes do not apply outside the EU if individual trade-



marks do exist, registered for a long time, using the same name, as happens with Parmigiano Reggiano in Canada.

At any rate, these are breaches that are by no means negligible but, however, such as not to seriously affect the strength, in the market, including in the international one, of European and, in particular, Italian food products.

There are, however, products that cannot be obtained from European agriculture for climatic reasons which are raw materials of processed products made famous by brands of European industries, such as chocolate and coffee.

In any case, however, the recent pandemic events have not significantly affected international trade, either for import or for export, of agricultural raw materials and industrial food products. In fact, the strong decrease in the circulation of non-food goods has caused a considerable reduction in sea freights, allowing for savings in the costs of transporting agri-food products.

#### 4. THE NEW DIMENSIONS OF THE EARTH AND THE NEED TO CONFORM THE MANAGEMENT OF ESSENTIAL GOODS

The events that caused difficulties in the supply of some products owing to the Covid-19 pandemic have followed one another over time; first there was a shortage of masks and of some substances useful in the search for the virus, then other imbalances in the production line of some appliances, due to the sudden shortage of essential components, such as those of the production system of cars in difficulties due to the scarcity of microchips. In this last case it seems that the occurrence, most likely temporary, was due to the rapid increase in the use of these appliances, which occurred in the countries that first came out of the pandemic and resumed production very quickly and strongly oriented it towards the automation of vehicles and machinery, besides some delays in the full resumption of operations by manufacturers of these components.

These events highlight the strong development of the interconnection that binds the production or supply chains of the entire planet and the lack of consistency of the world political system with the global extent of economy. The production lines of individual objects, not necessarily complicated ones, consist of elements, which are sometimes in a high number, that come from all parts of the world, and the production system is thus based on the timely and constant arrival of the individual parts in the place where the final product, or also the semi-finished product is assembled.

The promptness and security of electronic means of communication and of means of transport by air, sea and rail, as well as by road, and the rules con-

tained in the Marrakesh Treaty, during times of normality, have enabled the creation of a very dense network of relationships that, all in all, have made the planet much smaller and territories that were once very distant have become much closer.

These new conditions, which have recently emerged as a consequence of the development of communications technology, has received the legal impulse from the agreements contained in the Marrakesh treaty, the governance of which, even though it represents an advance compared to the previous situation, has repeatedly shown its deficiency and the limitations which have already been briefly mentioned.

On closer inspection, when communications were difficult, the political and dimensional arrangement of the states was different; the Roman Empire was administratively highly decentralized and the army itself, its strong point, consisted of separate armies, stationed in Gaul, Britain, the Middle East, etc. The Chinese Empire, which was unified in the third century BC, was governed in a decentralized way by mandarins, who were the result of powerful schooling and extremely difficult examinations; in any case, central power was guaranteed only by the army, if loyal to the emperor. The Incas used to maintain territorial connections with messengers running to the capital with a bunch of strings that contained rudimentary messages for the leaders.

The medieval economic recovery was centered, in Europe, on the city-state, as Greece had been organized 1800 years earlier; this micronization of the state was suitable for its functioning and for the control that the rulers of the moment could exercise over a limited population and a not too large territory.

Very soon developments in the field of armaments and fleets enabled initially very weakly centralized or modestly sized kingdoms to establish themselves as nation states and to develop colonial policies; it was the moment in which Europe quickly took control of almost the whole world, especially exploiting its military and technological superiority.

The world was dotted with Belgian, Dutch, Spanish, Portuguese, French, but especially English, colonies; in fact, the British kingdom was able to conquer and control a vast empire, which stretched from Africa to the East and America.

Steam ships first, then diesel ships, and the telegraph made possible an efficient, albeit limited, remote connection with the colonial possessions; but India, for example, was for a long time a kind of colony held by a private company, like for the most part of the Dutch empire, and very often the local kings were considered formally in power even if supported and substantially manipulated by imperial troops or troops belonging to the occupying companies.

There were, however, in Europe and in parts of Asia, states that gathered together different peoples, whose rulers aspired to expand their kingdoms, such as the kings of Prussia, later emperors of Germany, and the Czars of Russia, while others were trying, with great difficulty, to keep united under themselves their composite states, as the emperor of Austria and king of Hungary.

The diminished substantial size of the world meant that the first conflict described as a “world war”, on the other hand, involved mostly Europe and the Middle East, as the Chinese-Japanese conflict remained in many respects a separate matter; the arrangement determined by the subsequent peace treaties, which did not take into account Wilson’s 14 points but, instead, the desire for revenge and power of France and the United Kingdom, put the League of Nations in a position not to function and sowed the seed from which the second war would have germinated, this one truly a world war.

Radar, aircraft carriers, submarines, code-breaking machines decrypting secret messages characterized this war which was fought a lot at sea, in tank battles and with the massive involvement of civilians as a result of terrible bombings, the heaviest of which put an end to the conflict with the release of two atom bombs on two Japanese cities.

This was a very bloody war and also very technological: but the subsequent growth of knowledge, in particular of physics, became exponential also thanks to the expedition to the Moon of the United States. And today the discoveries follow one after the other from day to day, in the sector of communications of all kinds (electronic, air and naval) and in every other field thanks to the spread of knowledge, the monopoly of which has been lost by the West.

Hence the substantial reduction of distances and the increase in the possibility of control at distance; as the first interesting but modest attempt that was signed in Marrakesh demonstrated, all this implies that centralization of decision-making is needed in some sectors essential for human life on earth: the fight against climate change and pollution, control over the distribution of food and of essential medicines, resolution of disputes without the use of weapons, homogenization of some tax policies.

The periodic meetings of the G7 and the G20 clearly prove this need, but they still constitute a weak system that constantly requires an agreement based on compromise, if it is reached at all, for the required unanimity, a remnant of the old notion of sovereignty.

It would probably be better to strengthen the Marrakesh Agreements by partially modifying them and adding sections relating to social security, the certainty of supplies and the fight against pollution and climate change. In other words, a set of confederative agreements should be created which should be limited to certain matters essential to the survival of the *homo sapiens*,

meaning that a progressive reduction of the scope of national sovereignty should be carried out in favor of a centralized power in the spheres of common interest and which cannot be usefully managed individually.

##### 5. OTHERWISE, PUT FOOD SOVEREIGNTY BACK IN THE FOREGROUND

The proposed solution may not be fulfilled, at least in the short term. In that case it seems appropriate to reconstruct the events caused by Covid-19 to seek a different solution to the problem.

The outbreak of the pandemic caught Europe unprepared at least as regards masks and breathing devices; the production of these protection devices had almost disappeared from our countries and the requirements were met by purchasing them in China and other eastern countries, at very favorable prices. But China initially kept for itself its production until it got over the most acute phase of the crisis and Europe had to make do by promoting the creation of new factories of masks and breathing devices which, however, have been unobtainable for a considerable period of time.

These events occurred violating, probably only mildly, the Marrakesh rules, which are largely flexible as emerges from par. 6 of art. 5 of the SPS Agreement, where it is provided that in establishing health measures, Members ensure that they are not more restrictive of trade than is necessary to achieve an adequate level of protection, with the obligation, and this is the part that seems that has been somewhat violated, to choose the restriction that has the least impact on trade.

These events are reminiscent of others, in some ways, similar, even if not health-related: one that took place in 1974 (before the signing of the Marrakesh Agreements), on the occasion of President Nixon's second trip to the USSR, who accompanied the negotiations for the reduction of missiles with the sale of an enormous quantity of US grain to the Soviet Union: no less than 45 million tons.

Even though the major American commodities dealers knew about Nixon's idea and had hedged themselves, the price rose sharply, and the price of durum wheat rose, in one day, by 50 dollars a ton due to an imprudent statement made by the then Italian Minister of Agriculture who declared that he would go to Chicago to buy all the durum wheat that was needed to ensure the pasta made from that cereal to Italy at a reasonable price.

Once he understood the consequences of his announcement, the minister opted for demanding and obtaining from the major Italian commodities dealers the supply of the durum wheat he needed, without worrying much about

whether these gentlemen already had the cereal, at what price and under what flag.

Another, more recent, event occurred in 2010. The Plains of Russia were hit by a giant fire that obliged the government to stop exports (it should be noted that in 1974 the Soviet economy was unable to produce enough cereals, but that after the fall of the USSR, Russia quickly returned to being a major exporter of grain, as it used to be at the time of the Czars).

This stoppage brought up the market price of wheat, and the effects of it were particularly suffered by the Arab countries facing the Mediterranean Sea, whose governments practiced a government-established price of flour to keep down the price of bread. Thus the Arab Spring broke out, which made the lord of Tunisia run away and Mubarak end up in jail, and it was made known to the world as a revolution that called for democracy; actually, except for some easing in Tunisia, the other countries quickly returned to the status quo and, in any case, it was not so much democracy that those peoples were asking for, as for the return of the price of bread to the previous level.

These two examples reveal that the “black swan” is not necessarily limited to medical aids and equipment but can also be linked to a food famine. In fact, the stocks of commodities detected by FAO at the end of 2019 were equivalent to the requirements for the year and four months of reserves; FAO also specified that, for these purposes, the 11% of the world population was not considered among consumers, because not able to get the money to buy grain.

Regardless of moral considerations on the latter specification, stocks for four months cannot be said to be exaggerated; it is true that it seems unlikely that there will be a shortage of wheat or rice and maize in the near future, but a fire in Russia, an invasion of locusts in North America or the explosion of a volcano that could – it has already happened in history – endanger the crops of the whole earth for even two years are not impossible events.

Having learned from the experience of masks and from the history of humanity, the EU Commission should take itself seriously and give practical implementation to the vague proposals put forward in the Communication of 20 May 2020: either to favor the increase of European cereal production or, in order to not violate the agricultural agreement, to ensure strategic stocks of agricultural products that are the basis of our foods. In conclusion, if we have been working for food safety for some time, it is necessary to implement a food security policy that manages to state that a power of the size of the EU must claim its food sovereignty. Actually, against a famine, what use could we have for mobile phones, cars and thousands of current technological tools? Faced with the lack of a global agreement such as the one hinted in the previ-

ous point, it is essential that the EU, as far as we are concerned, regains food sovereignty. In any case, whatever solution will be adopted to make food supplies in the EU more secure, it will be necessary to strengthen the organization of farmers in sales by creating structures capable of concentrating supply and of making it less weak than purchasers, also in the presence of the national rules implementing dir. 633/2019, after having overcome, first of all, the agricultural policy which in the twenty-first century discouraged the European production of commodities.

However, in the past month of August, the prices of commodities increased dramatically, in particular that of durum wheat. The cause of this lies in the climatic anomalies in Canada and Russia; these events show that the foregoing must be considered optimistic: we are not yet at world famine but we are not even shameful.

#### ABSTRACT

It must be recognized that in the most developed part of the earth, including China, the food chain, although complex and linked to supplies from every continent, did not suffer from malfunctions during the COVID-19 pandemic.

As the market is globalized, the pandemic has caused dysfunctions in other production chains, such as healthcare. Some products did not circulate as usual.

In addition to the weakness of the WTO system and some of its overly permissive exceptions, in general it was possible to note that the substantially small size of the earth, in relation to the speed of the means of communication of news, ideas but also transport, highlighted the urgent need to find a system that allows, in some sectors such as health, nutrition and the fight against climate change, the creation of a world government since the problems mentioned are not usefully governed by states that have dimensions suitable for a period in whose technology was not as developed as it is today.

FERDINANDO ALBISINNI<sup>1</sup>

## Diritto al cibo e istituzioni europee e nazionali

<sup>1</sup> Straordinario, Diritto Agrario e Alimentare, Universitas Mercatorum, Roma

### I. LE PROPOSTE DI RIFORMA DELLA PAC E L'EMERGENZA CAGIONATA DALLA PANDEMIA DI COVID-19

La crisi cagionata dalla pandemia del Covid-19 ha riportato in primo piano le *politiche della sicurezza* e con queste la responsabilità delle istituzioni europee e nazionali, nel garantire un *diritto al cibo* declinato anzitutto quale garanzia di accesso a *un bene essenziale* (meglio: *al bene essenziale*, presupposto necessario per l'esercizio di ogni altro diritto, come riaffermato ancora di recente dalla giurisprudenza nazionale ed internazionale).

Televisione e stampa hanno proposto immagini di lunghe file di persone in attesa di ricevere aiuti alimentari, sottolineando il diffuso effetto di impoverimento conseguente alla crisi pandemica. In questo scenario, i prezzi al consumo dei prodotti alimentari non sono diminuiti, e anzi in più casi sono saliti, mentre i prezzi corrisposti agli agricoltori sono rimasti sostanzialmente fermi.

In Europa, ancora nel dicembre 2019 il documento della Commissione sulle proposte di riforma della PAC e sul c.d. *Green Deal* aveva ommesso qualunque riferimento alla *food security*, privilegiando l'attenzione ai profili di compatibilità ambientale.

L'omissione risultava particolarmente significativa, comparando le proposte di riforma del 2018-2019 con le proposte e le premesse dei regolamenti di riforma della PAC del 2013, lì ove era stato espressamente sottolineato che «A strong agriculture is vital for the EU food industry and global food security».

Le proposte di riforma del 2018, pur prendendo atto della circostanza che «I prezzi agricoli sono scesi sostanzialmente, diminuiti da fattori macroeconomici, tensioni geopolitiche e altre forze» (punto 1), non parlavano più di *glo-*

*bal food security* né di *EU food industry*, insistendo invece sui *profili ambientali*, e sull'esigenza di «Efficienza normativa e semplificazione».

La pandemia ha però determinato una crescente domanda di *sicurezza degli approvvigionamenti (alimentari*, oltre che di *vaccini* e di altri *presidi sanitari*); domanda che in alcuni Stati membri si è tradotta in crescente attenzione verso i temi della *food sovereignty*, che sembravano sin qui confinati ai soli Paesi in via di sviluppo, a partire dalla nota dichiarazione adottata nel 1996 dai membri della *Via Campesina*<sup>1</sup>.

## 2. L'EMERGERE DI NUOVI MODELLI NEL CORSO DEL 2020

Sicché, nell'arco di pochi mesi dall'insorgere della pandemia, già nel maggio del 2020 la Commissione Europea, sul piano delle dichiarazioni politiche, ha espressamente riconosciuto i diretti e rilevanti effetti della pandemia da Covid-19 sulla produzione agricola e sull'approvvigionamento alimentare all'interno dell'Unione, sottolineando:

«The outbreak of the coronavirus is having an unparalleled effect on our society and economy. Our farmers and every actor of the EU food supply chain are working hard to keep feeding Europe, despite the difficulties they face. The European Commission will continue to support farmers and food producers, collaborate with EU member states, and take whatever measures are necessary to ensure the health and well-being of the people of Europe»<sup>2</sup>.

Ed il Commissario europeo all'agricoltura ha dichiarato:

«The outbreak of the coronavirus is having an unparalleled effect on our society and economy. Our farmers and every actor of the EU food supply chain are working hard to keep feeding Europe, despite the difficulties they face. The European Commission will continue to support farmers and food producers, collaborate with EU member states, and take whatever measures are necessary to ensure the health and well-being of the people of Europe»<sup>3</sup>.

In prosieguo, nel dicembre 2020, il documento della Commissione ha insistito sulla necessità di «Fostering a smart, resilient and diversified agricul-

<sup>1</sup> Cfr. la posizione assunta dall'autorevole Académie d'agriculture de France, «Le Mensuel», n. 55, Juin 2020, con un documento significativamente intitolato: *Pandémie du coronavirus et autonomie alimentaire: actualité et nécessité d'une reterritorialisation des systèmes alimentaires*.

<sup>2</sup> European Commissioner for Agriculture, *CORONAVIRUS: Emergency response to support the agriculture and food sectors*, May 2020, published at [https://ec.europa.eu/info/sites/default/files/food-farming-fisheries/farming/documents/factsheet-covid19-agriculture-food-sectors\\_en.pdf](https://ec.europa.eu/info/sites/default/files/food-farming-fisheries/farming/documents/factsheet-covid19-agriculture-food-sectors_en.pdf).

<sup>3</sup> Commissario Europeo per l'Agricoltura, *CORONAVIRUS: Emergency response to support the agriculture and food sectors*, Maggio 2020, [https://ec.europa.eu/info/sites/default/files/food-farming-fisheries/farming/documents/factsheet-covid19-agriculture-food-sectors\\_en.pdf](https://ec.europa.eu/info/sites/default/files/food-farming-fisheries/farming/documents/factsheet-covid19-agriculture-food-sectors_en.pdf).



tural sector ensuring food security», recuperando la *food security* e l'*attività produttiva agricola* come finalità essenziale e connotante della PAC<sup>4</sup>.

Sono dunque emerse nel 2020 – sul piano della comunicazione politica – rilevanti novità di disegno e di prospettiva rispetto alle proposte di riforma del 2018, pur se singolarmente la riscoperta attenzione alla *food security* ha perso lungo la via quell'elemento identificativo e identitario "*global*", presente nei testi del 2013 e che ancor più sembrerebbe significativo valorizzare in tempi di pandemia *globale*.

### 3. IL RUOLO DEL PARLAMENTO UE

All'interno di questo processo, le altre istituzioni europee, e così il Parlamento e il Consiglio, stanno giocando un ruolo centrale nel ridefinire alcune delle formulazioni proposte dalla Commissione.

In particolare il Parlamento EU ha emendato in modo significativo la definizione di *attività agricola* proposta dalla Commissione (peraltro senza reintrodurre il requisito dello *svolgimento di un'attività minima regolata dagli Stati membri*, che era stato introdotto dal Parlamento nei regolamenti del 2013), ha sostituito la definizione di *agricoltore in attività* a quella di *agricoltore vero e proprio* proposta dalla Commissione, valorizzando l'*attività* e insieme la *consapevole relazione con l'ambiente inteso nella sua interezza siccome comprensivo di tutte le forme di vita* come elementi identitari dell'*impresa agricola*, ha riportato nella definizione delle DOP piena attenzione *ai fattori umani*; ha introdotto un nuovo articolo intitolato alla «*Global dimensione of the CAP*», nel quale espressamente si dichiara che tutti gli interventi della PAC devono rispettare il *diritto al cibo* e il *diritto allo sviluppo*, in una dimensione globale<sup>5</sup>. Più in generale ha recuperato attenzione ai profili produttivi, integrandoli con quelli ambientali e collocandoli all'interno di un modello che richiede l'attiva iniziativa degli Stati membri all'interno di piani strategicamente orientati.

Sicché anche la sfida posta dalla pandemia, interagendo con il processo di riforma della PAC e con il *Green Deal*, sta contribuendo all'elaborazione di un impianto normativo, che si articola in una dimensione sistematica e insieme multilivello, comprendente gli Stati membri e l'Unione Europea, ma anche una più ampia dimensione globale, nella consapevolezza che i temi

<sup>4</sup> Comunicazione della Commissione al Parlamento Europeo, al Consiglio, al Comitato Economico e Sociale europeo e al Comitato delle Regioni, *Raccomandazioni agli Stati membri sui relativi piani strategici della politica agricola comune*, Bruxelles, 18.12.2020, COM(2020) 846 final.

<sup>5</sup> V. il nuovo art. 10a, introdotto dal Parlamento con proprio emendamento.

dell'agricoltura, nella relazione con l'ambiente, la sostenibilità e lo sviluppo, ed insieme con la sicurezza degli approvvigionamenti, richiedono elaborazioni unitarie e sistematicamente orientate.

#### 4. LE CONTRADDIZIONI ANCORA PRESENTI NELLE PROPOSTE DI RIFORMA

Resta aperto il quesito su quanto le rinnovate finalità assegnate all'intervento legislativo si siano tradotte in misure coerenti con quanto dichiarato, e se la *semplificazione* più volte enfaticamente indicata quale obiettivo, non si stia in realtà traducendo in *amministrativizzazione* dell'agricoltura, e con ciò in *complicazione*.

La lettura dei testi, pur nella versione emendata dal Parlamento, induce a conclusioni opposte: non sembra ci si stia muovendo verso la *semplificazione* ma piuttosto verso l'*amministrativizzazione* dell'agricoltura, e con ciò verso la *complicazione*.

Rivelatrice in tal senso è già la scelta di unificare in un singolo regolamento le disposizioni relative agli aiuti al reddito ed allo sviluppo rurale; disposizioni che da sempre erano state oggetto di discipline differenziate nell'ambito della PAC, proprio perché le prime avevano riferimento ad aiuti sostanzialmente automatici (legati prima al prodotto, e poi alle superfici, ma sempre sottratti a valutazioni discrezionali da parte della PA), mentre le seconde esprimevano scelte di governo del settore in sede regionale o nazionale, e come tali passavano necessariamente attraverso preventive valutazioni da parte dell'amministrazione procedente, sia sul piano generale in sede di predisposizione di programmi e di bandi, sia individualmente in sede di valutazione delle singole domande.

A ciò si aggiunga il recupero della previsione di piani strategici nazionali, introdotti nel 2003, eliminati nel 2013 in ragione della loro riconosciuta inefficacia, e nuovamente introdotti nei testi oggi in discussione, con una serie assai complessa di disposizioni per l'approvazione e gestione di tali piani strategici nazionali e delle loro declinazioni in sede regionale.

L'esperienza italiana di questi anni nell'elaborazione e gestione dei piani di sviluppo rurale da parte delle Regioni ha mostrato diffuse inefficienze e gravi ritardi, e molte regioni soltanto in prossimità della chiusura del termine quinquennale hanno frettolosamente approvato misure intese a non perdere le risorse assegnate.

Anche in sede centrale il Ministero delle Politiche Agricole non si è certo distinto per la capacità di implementare rapidamente ed efficacemente le misure europee.

Insomma, si parla di *semplificazione*, ma c'è il fondato timore che il risultato sia opposto, lì ove si prevede una straordinaria quantità di adempimenti, e si opera una sempre più pervasiva *amministrativizzazione* delle politiche di aiuto, soggette a criteri non automatici ma largamente discrezionali, per loro stessa natura complessi e soggetti a tempi lunghi.

Lo spaccettamento del pagamento unico in una pluralità di pagamenti, l'inserimento nel primo pilastro di pagamenti specifici legati a politiche territoriali non produttive ed a qualità soggettive, la minuta regolazione di talune scelte aziendali anche in riferimento a dimensioni certamente modeste ove considerate in riferimento alle moderne tecniche produttive, non paiono esprimere coerenza rispetto alle dichiarate ambizioni di semplificazione.

Ove esaminato in dettaglio, il testo delle disposizioni rivela un reticolo impressionante di formalità, cui gli agricoltori verranno assoggettati.

All'interno di questa prospettiva, alcuni elementi sembrano contraddire le finalità affermate nei documenti del 2020:

- la crescente attribuzione agli Stati delle decisioni in termini di allocazione delle risorse assegnate, ma non in termini di conformazione giuridica; sicché la *rinazionalizzazione* della PAC si risolve in scelte amministrative, in un quadro definitorio centralizzato, che non privilegia la *produzione* ed il *diritto al cibo*;
- la sempre maggiore assegnazione alla Commissione Europea di competenze disciplinari in settori rilevanti e delicati, attraverso l'espansione dello spazio assegnato ai regolamenti delegati e di esecuzione; sicché – come già accaduto per molti regolamenti quadro del Parlamento Europeo – l'apparente riduzione delle disposizioni contenute nei regolamenti generali si accompagna ad una moltiplicazione di disposizioni nei regolamenti della Commissione, di fatto sottratti ad effettivo controllo e direzione da parte del Parlamento europeo (come emerso nei noti recenti casi dei regolamenti della Commissione sull'etichettatura di carni diverse da quella bovina e sull'indicazione in etichetta degli ingredienti, approvati ed entrati in applicazione, pur in presenza di una motivata opposizione da parte del Parlamento);
- l'enfasi sulle regole della *globalizzazione*, intese come direttamente operanti anche a livello dei singoli ordinamenti domestici, lì ove si assegna valore cogente all'interno dei piani strategici nazionali alle disposizioni dell'accordo sull'agricoltura stipulato in sede OMC<sup>6</sup>, con una logica di *globalizzazione* che guarda con disfavore alle politiche di radicamento e di identità

<sup>6</sup> V. l'art. 10 della proposta di nuovo regolamento, presentata dalla Commissione, 2018/0216(COD).

territoriale; si tratta di una *globalizzazione delle regole e degli standard*, che poco si occupa della *global food security* e dei bisogni di approvvigionamento di una *food industry* radicata nella base agricola.

Ne seguono obbligati quesiti sulla coerenza di un tale impianto disciplinare, non solo con le essenziali finalità della PAC, da sempre riaffermate dal legislatore costituente europeo, ma con gli stessi impegni internazionali, non riducibili alla sola Organizzazione Mondiale del Commercio.

La FAO, nel documento approvato già nel 1996 nel World Food Summit di Roma aveva sottolineato che la *food security* si realizza «when all people, at all times, have physical and economic access to sufficient safe and nutritious food that meets their dietary needs and food preferences for an active and healthy life».

Ne emerge una declinazione complessa e globale (ancor più complessa in ragione della crescente globalizzazione che, proprio perché investe l'intero pianeta, necessariamente si nutre di diversità) della *food security*; una declinazione che va oltre la dimensione solo quantitativa e comprende essenziali elementi di garanzia, che l'esperienza più recente ha sintetizzato nella formula inclusiva del *diritto al cibo*, che mira a coniugare nelle scelte quotidiane l'attenzione ai profili di sostenibilità ambientale ed a quelli produttivi.

## 5. LE SFIDE APERTE PER LE AUTORITÀ NAZIONALI E REGIONALI

La sfida che oggi si pone alle Istituzioni, nell'ambito del G20 e nei singoli Paesi – sfida che la crisi derivante dalla pandemia del Covid-19 e dal congiunto operare dell'emergenza climatica ha reso manifesta – è quella di coniugare nelle scelte quotidiane l'attenzione ai profili di sostenibilità ambientale ed a quelli produttivi, da sempre assegnati alla PAC dai trattati europei, e riaffermati dalla FAO, all'interno di una nuova e complessa declinazione *globale*.

Per le istituzioni italiane, in particolare, la sfida è quella di utilizzare gli spazi che l'ormai prossima riforma della PAC assegna alla dimensione nazionale ed a quella regionale, evitando che la *semplificazione* si traduca in *burocratizzazione*.

## RIASSUNTO

La crisi cagionata dalla pandemia del Covid-19 ha riportato in primo piano le politiche della sicurezza e con queste la responsabilità delle istituzioni europee e nazionali nel garantire il diritto al cibo.

In Europa, ancora nel dicembre 2019 il documento della Commissione su riforme della PAC e Green Deal aveva omissso ogni riferimento alla food security, privilegiando i profili di compatibilità ambientale.

La pandemia ha però determinato una crescente domanda di sicurezza degli approvvigionamenti, che in alcuni Stati si è tradotta in attenzione verso i temi della food sovereignty, sin qui confinati ai Paesi in via di sviluppo.

Nel dicembre 2020 la Commissione Europea, riconoscendo i rilevanti effetti della pandemia, ha insistito sulla necessità di «Fostering a smart, resilient and diversified agricultural sector ensuring food security», recuperando la food security e l'attività produttiva agricola come finalità essenziali della PAC.

Resta aperto il quesito su quanto le rinnovate finalità assegnate all'intervento europeo si tradurranno in misure coerenti, e se la dichiarata semplificazione non si stia in realtà traducendo in amministrativizzazione dell'agricoltura, e con ciò in complicazione.

La sfida che oggi si pone alle Istituzioni, nell'ambito del G20 e nei singoli Paesi, resa manifesta dal congiunto operare della pandemia e dell'emergenza climatica, è quella di coniugare nelle scelte quotidiane l'attenzione ai profili di sostenibilità ambientale ed a quelli produttivi.

FERDINANDO ALBISINNI<sup>1</sup>

## Right to food and European and national institutions

<sup>1</sup> Straordinario, Agri-Food Law, Universitas Mercatorum, Rome

### I. THE CAP REFORM PROPOSALS AND THE EMERGENCY CAUSED BY THE COVID-19 PANDEMIC

The crisis caused by the Covid-19 pandemic increased attention toward security policies and responsibility of European and national institutions, in guaranteeing a right to food declined above all as a guarantee of access to an essential good (better: to the essential good, a necessary prerequisite for the exercise of any other right, as recently reaffirmed by national and international jurisprudence).

Television and press showed images of long lines of people waiting to receive food aid, underlining the widespread impoverishment effect following the pandemic crisis. In this scenario, the consumer prices of food products have not decreased, and in several cases increased, while the prices paid to farmers remained substantially stable.

In Europe, still in December 2019 the Commission document on the CAP reform proposals and the so-called *Green Deal* omitted any reference to *food security*, assigning privileged attention to environmental topics.

Such omission was particularly significant, comparing the reform proposals of 2018-2019 with the proposals and premises of the 2013 CAP reform regulations, where it was expressly emphasized: «A strong agriculture is vital for the EU food industry and global food security».

The 2018 reform proposals, while taking note of the fact that «Agricultural prices have fallen substantially – depressed by macroeconomic factors, geopolitical tensions and other forces» (point 1), were not making any reference to *global food security* or to *EU food industry*, instead insisting on environmental profiles, and on the need for «Regulatory efficiency and simplification».

However, the pandemic has led to a growing demand for security of supplies (food, as well as vaccines and other health devices); a question that in some Member States has resulted in increasing attention to the issues of *food sovereignty*, which until now seemed confined to developing countries only, starting with the well-known declaration adopted in 1996 by the members of the *Via Campesina*<sup>1</sup>.

## 2. THE RISE OF NEW MODELS DURING 2020

Within a few months from the spread of the pandemic, already in May 2020 the European Commission expressly recognized the direct and relevant effects of the Covid-19 pandemic on agricultural production and food supply throughout within the Union, underlining:

«The outbreak of the coronavirus is having an unparalleled effect on our society and economy. Our farmers and every actor of the EU food supply chain are working hard to keep feeding Europe, despite the difficulties they face. The European Commission will continue to support farmers and food producers, collaborate with EU member states, and take whatever measures are necessary to ensure the health and well-being of the people of Europe»<sup>2</sup>.

And the European Commissioner for Agriculture declared:

«The outbreak of the coronavirus is having an unparalleled effect on our society and economy. Our farmers and every actor of the EU food supply chain are working hard to keep feeding Europe, despite the difficulties they face. The European Commission will continue to support farmers and food producers, collaborate with EU member states, and take whatever measures are necessary to ensure the health and well-being of the people of Europe»<sup>3</sup>.

Later on, in December 2020, another document of the EU Commission stressed the need of «Fostering a smart, resilient and diversified agricultural sector ensuring food security», taking back *food security* and *agricultural activity* as essential goals of CAP<sup>4</sup>.

<sup>1</sup> See Académie d'agriculture de France, «Le Mensuel», n. 55, Juin 2020, in the discussion paper: *Pandémie du coronavirus et autonomie alimentaire: actualité et nécessité d'une reterritorialisation des systèmes alimentaires*.

<sup>2</sup> European Commissioner for Agriculture, *CORONAVIRUS: Emergency response to support the agriculture and food sectors*, May 2020, published at [https://ec.europa.eu/info/sites/default/files/food-farming-fisheries/farming/documents/factsheet-covid19-agriculture-food-sectors\\_en.pdf](https://ec.europa.eu/info/sites/default/files/food-farming-fisheries/farming/documents/factsheet-covid19-agriculture-food-sectors_en.pdf).

<sup>3</sup> Commissario Europeo per l'Agricoltura, *CORONAVIRUS: Emergency response to support the agriculture and food sectors*, May 2020, at [https://ec.europa.eu/info/sites/default/files/food-farming-fisheries/farming/documents/factsheet-covid19-agriculture-food-sectors\\_en.pdf](https://ec.europa.eu/info/sites/default/files/food-farming-fisheries/farming/documents/factsheet-covid19-agriculture-food-sectors_en.pdf).

<sup>4</sup> Communication from the Commission to The European Parliament, the Council, the Euro-

Therefore, in 2020 – in terms of political communication – significant changes in design and perspective emerged when compared to the reform proposals of 2018, even if the rediscovered attention to *food security* lost along the way that “*global*” element, present in the texts of 2013 and which would seem even more significant to enhance in times of global pandemic.

### 3. THE ROLE OF THE EU PARLIAMENT

Within this process, the other European institutions, and thus the Parliament and the Council, are playing a central role in redefining some of the proposals of the Commission.

The EU Parliament significantly amended the definition of *agricultural activity* proposed by the Commission; replaced the definition of *active farmer* to that of *real farmer* proposed by the Commission, enhancing the activity and at the same time *the conscious relationship with the environment understood in its entirety as it includes all forms of life* as identity elements of the *agricultural activity*; brought full attention to human factors in the definition of PDOs; introduced a new article entitled to the “*Global dimension of the CAP*”, expressly stating that all CAP interventions must respect the *right to food* and the *right to development, in a global dimension*<sup>5</sup>. More generally, the EU Parliament assigned renewed attention to production issues, integrating them with environmental ones and placing them within a model that requires the active initiative of the Member States within strategically oriented plans.

Thus, the challenge posed by the pandemic, interacting with the CAP reform process and with the *Green Deal*, is contributing to the development of a regulatory framework, which is articulated in a *systematic* and at the same time *multilevel dimension*, including the Member States and the European Union, but also a broader global dimension, in the awareness that the themes of agriculture, in relation to the environment, sustainability and development, and together with the security of supplies, require unitary and systematically oriented elaborations.

---

pean Economic and Social Committee and the Committee of the Regions, *Recommendations to the Member States as regards their strategic plan for the Common Agricultural Policy*, Bruxelles, 18.12.2020, COM(2020) 846 final.

<sup>5</sup> See the new art. 10a, introduced by the EU Parliament.



#### 4. THE CONTRADICTIONS STILL PRESENT IN THE REFORM PROPOSALS

It remains to be seen how much the renewed purposes assigned to the legislative intervention have been translated into measures consistent with what has been declared, and whether the *simplification*, repeatedly indicated as an objective, is in fact actually turning into the *administrativization* of agriculture, and thereby into *complication*.

Reading the texts, albeit in the version amended by Parliament, leads to opposite conclusions: it does not seem that we are moving towards *simplification* but rather towards the *administrativization* of agriculture, and thus towards *complication*.

The decision to unify the provisions relating to income aid and rural development in a single regulation is already revealing in this sense; provisions that had always been the subject of different disciplines within the CAP, precisely because the former referred to substantially automatic aid (linked originally to the products, and then to the areas cultivated, but always taken away from discretionary assessments by the Public Administration), while the latter expressed choices for governing the sector at regional or national level, and as such necessarily passed through preventive evaluations by the proceeding administration, both on a general level in the preparation of programs and tenders, and individually in the evaluation of single proposals.

Added to this is the revival of the provision of national strategic plans, introduced in 2003, eliminated in 2013 due to their recognized ineffectiveness, and reintroduced in the texts under discussion today, with a very complex series of provisions for the approval and management of these national strategic plans and of their regional variations.

The Italian experience of recent years in the elaboration and management of rural development plans by the Regions has shown widespread inefficiencies and serious delays, and many regions have hastily approved measures aimed at not losing resources only near the end of the five-year term assigned.

Even at the headquarters, the Italian Ministry of Agriculture certainly did not stand out for its ability to rapidly and effectively implement European measures.

In short, there is talk of *simplification*, but there is a well-founded fear that the result is the opposite, where an extraordinary amount of fulfilments is expected, and an increasingly pervasive *administration* of aid policies is carried out, subject to criteria that are not automatic but largely discretionary, by their very nature complex and subject to long lead times.

The unpacking of the single payment into a plurality of payments, the inclusion in the first pillar of specific payments linked to non-productive

territorial policies and subjective qualities, the minute regulation of certain company choices also in reference to dimensions certainly modest, when considered in reference to modern production techniques, do not seem to express coherence with the declared ambitions of simplification.

When examined in detail, the text of the provisions reveals an impressive network of formalities, which farmers will be subjected to.

Within this perspective, some elements seem to contradict the aims stated in the 2020 documents:

- the growing attribution to the States of decisions in terms of allocation of the resources assigned, but not in terms of legal conformation; so that the *renationalisation* of the CAP is resolved in administrative decisions, in a defining centralized framework that does not privilege *production* and the *right to food*;
- the increasing assignment to the European Commission of disciplinary competences in relevant and delicate sectors, through the expansion of the space assigned to the delegated and implementing regulations; so that – as has already happened for many framework regulations of the European Parliament – the apparent reduction of the provisions contained in the general regulations is accompanied by a multiplication of provisions in the Commission regulations, in fact removed from effective control and direction by the European Parliament (such as emerged in the well-known recent cases of the Commission regulations on the labeling of meat other than beef and on the indication on the label of the ingredients, approved and entered into application, despite the presence of a reasoned opposition by the EU Parliament);
- the emphasis on the rules of *globalization*, understood as directly operating also at the level of individual domestic systems, where binding value is assigned within the national strategic plans to the provisions of the agreement on agriculture stipulated in the WTO<sup>6</sup>, with a logic of globalization that looks with disfavor at the policies of roots and territorial identity; it is a globalization of *rules* and *standards*, which deals little with *global food security* and the supply needs of a *food industry rooted in the agricultural base*.

Necessary questions follow on the consistency of such a disciplinary system, not only with the essential purposes of the CAP, which has always been reaffirmed by the European legislator, but with the same international commitments, which cannot be reduced to the World Trade Organization alone.

<sup>6</sup> See art. 6 of the Commission proposal, 2018/0216(COD).

FAO, in the document approved already in 1996 in the Rome World Food Summit underlined that *food security* is achieved «when all people, at all times, have physical and economic access to sufficient safe and nutritious food that meets their dietary needs and food preferences for an active and healthy life».

The result is a *complex and global declination of food security* (with a growing complexity due to the growing globalization, which precisely because it affects the entire planet, necessarily requires *diversity* as an essential element); a declination that goes beyond the merely quantitative dimension and includes essential guarantee elements, which the most recent experience has summarized in the inclusive formula of the *right to food*, which aims to combine attention to environmental sustainability and productive goals in daily decisions.

## 5. OPEN CHALLENGES FOR NATIONAL AND REGIONAL AUTHORITIES

The challenge facing the institutions today, within the G20 and in individual countries - a challenge that the crisis resulting from the Covid-19 pandemic and the joint operation of the climate emergency has made manifest - is that of combining attention to environmental sustainability and to production goals which have been always assigned to the CAP by European treaties, and that have been reaffirmed by FAO within a new and larger global declination.

For Italian institutions, in particular, the challenge is to use the opportunities that the now forthcoming CAP reform assigns to the national and regional dimensions, avoiding to translate *simplification* into *bureaucratization*.

## ABSTRACT

The crisis caused by the Covid-19 pandemic has brought security policies at the center of the political debate, stressing the responsibility of European and national institutions in guaranteeing the right to food.

In Europe, still in December 2019 the Commission document on CAP reforms and Green Deal omitted any reference to food security, underlying environmental topics.

The pandemic has led to a growing demand for security of supplies, which in some States brought attention to the issues of food sovereignty, hitherto confined to developing countries.

In December 2020, the European Commission, recognizing the effects of the pandemic, insisted on the need for «Fostering a smart, resilient and diversified agricultural sector ensuring food security», giving back attention to food security and agricultural production as essential purposes of the CAP.

The question remains as to how much the renewed purposes assigned to European intervention will translate into coherent measures, and whether the declared simplification is not actually translating into the administration of agriculture, and thereby into complication.

The challenge facing institutions today, in the context of the G20 and in individual countries, made manifest by the joint work of the pandemic and the climate emergency, is to combine joint attention to environmental sustainability and to effective production.

LUIGI RUSSO<sup>1</sup>

## Il nuovo sistema di aiuti all'agricoltura

<sup>1</sup> Ordinario di Diritto Agrario, Università di Ferrara

Dopo le iniziali proposte della Commissione, risalenti al 1° giugno 2018<sup>1</sup>, circa tre anni dopo sono stati ultimati i relativi negoziati tra le istituzioni europee coinvolte nel procedimento legislativo; allo stato, mancano ancora i testi definitivi dei regolamenti che costituiranno l'architettura della PAC nel periodo 2023-2027.

È così necessario limitarsi, al momento, a un esame dei soli profili strategici che emergono dalle trattative svolte e dall'accordo infine raggiunto, lasciando l'esame delle technicalità della riforma a quando verranno licenziati i testi definitivi.

<sup>1</sup> Al momento le proposte sono sempre quelle datate tutte 1° giugno 2018, COM (2018) aventi i numeri 392 (Proposta di regolamento del Parlamento Europeo e del Consiglio regolamento del Parlamento europeo e del Consiglio recante norme sul sostegno ai piani strategici che gli Stati membri devono redigere nell'ambito della politica agricola comune (piani strategici della PAC) e finanziati dal Fondo europeo agricolo di garanzia (FEAGA) e dal Fondo europeo agricolo per lo sviluppo rurale (FEASR) e che abroga il regolamento (UE) n. 1305/2013 del Parlamento europeo e del Consiglio e il regolamento (UE) n. 1307/2013 del Parlamento europeo e del Consiglio), 393 (Proposta di regolamento del Parlamento Europeo e del Consiglio sul finanziamento, sulla gestione e sul monitoraggio della politica agricola comune e che abroga il regolamento (UE) n. 1306/2013), 394 (Proposta di regolamento del Parlamento Europeo e del Consiglio che modifica i regolamenti (UE) n. 1308/2013 recante organizzazione comune dei mercati dei prodotti agricoli, (UE) n. 1151/2012 sui regimi di qualità dei prodotti agricoli e alimentari, (UE) n. 251/2014 concernente la definizione, la designazione, la presentazione, l'etichettatura e la protezione delle indicazioni geografiche dei prodotti vitivinicoli aromatizzati, (UE) n. 228/2013 recante misure specifiche nel settore dell'agricoltura a favore delle regioni ultraperiferiche dell'Unione e (UE) n. 229/2013 recante misure specifiche nel settore dell'agricoltura a favore delle isole minori del Mar Egeo). Le tre proposte hanno fatto seguito alla Comunicazione della Commissione al Parlamento europeo, al Consiglio, al Comitato economico e sociale europeo e al Comitato delle Regioni, *Il futuro dell'alimentazione e dell'agricoltura*, del 29 novembre 2017, COM (2017) 713 final.

L'aspetto probabilmente di maggior rilievo è dato dal sopravvenire, rispetto alle iniziali proposte normative della Commissione, della strategia fatta propria dalla Commissione insediata a seguito delle elezioni del 2019, relativa al c.d. *Green deal*<sup>2</sup>.

Gli ambiziosissimi obiettivi sottesi a tale strategia, volta a incrementare la sostenibilità ambientale di qualsiasi settore produttivo e non, incluso il potenziamento dell'azione contro i cambiamenti climatici, coinvolgono inevitabilmente anche il settore primario, posto che esso è al tempo stesso sia un fattore di rischio, per le emissioni climalteranti e per le esternalità negative che l'attività produttiva ha sull'ambiente, ma anche un fattore di protezione, posto che lo svolgimento di attività agricola contribuisce sotto varie forme alla tutela dell'ambiente, impedendo lo spopolamento di aree rurali, mantenendo il territorio, contrastando i rischi di natura idrogeologica<sup>3</sup>. Con questa nuova strategia la Commissione delinea una serie di azioni che inevitabilmente coinvolgeranno l'attività agricola sotto diversi profili: si pensi all'obiettivo di aumentare le aree protette, per giungere a un loro ampliamento sino al 30% della superficie terrestre e al 30% di quella marina, di cui almeno un terzo dovrebbe essere oggetto di protezione definita come "rigorosa". L'incremento delle superfici oggetto di protezione verrà, dunque, inevitabilmente a ripercuotersi sull'attività agricola, dal momento che, soprattutto in presenza di misure di protezione "rigorose", può arrivarsi al punto di inibire lo svolgimento della stessa attività produttiva. Nel quadro della nuova PAC dovrebbero, inoltre, in base ai ricordati documenti programmatori, da un lato essere incentivate pratiche agricole completamente sostenibili – quali l'agricoltura di precisione, l'agricoltura biologica, l'agroecologia, l'agrosilvicoltura, il prato permanente a bassa intensità, l'adozione di norme più rigorose sul benessere animale – e, dall'altro, essere introdotte disposizioni normative per imporre una riduzione, entro il 2030, di ben il 50% dell'uso di pesticidi chimici in genere e del 50% di quelli pericolosi e per stabilire che almeno il 10% delle superfici agricole vengano destinate a elementi caratteristici del paesaggio con elevata diversità, e che almeno il 25% dei terreni agricoli vengano destinati ad attività conformi al disciplinare dell'agricoltura biologica, nonché una riduzione dell'uso di fertilizzanti di almeno il 20% rispetto ai livelli odierni.

<sup>2</sup> Cfr. Comunicazione della Commissione al PE, al Consiglio, al CESE, al Comitato delle Regioni COM (2019) 640 def. del 11 dicembre 2019, *Il Green Deal europeo*.

<sup>3</sup> Cfr. le Comunicazioni della Commissione al PE e al Consiglio del 20 maggio 2020, recanti le strategie «Dal produttore al consumatore» per un sistema alimentare equo, sano e rispettoso dell'ambiente» e «Sulla biodiversità per il 2030. Riportare la natura nella nostra vita», rispettivamente, i docc. COM (2020) 381 e 380 del 20 maggio 2020.

Fatto sta che, come detto, le proposte di quella che sarà la PAC del prossimo futuro risalgono a epoca precedente l'adozione del *Green Deal*<sup>4</sup>, tanto che molti degli aspetti problematici che si sono manifestati in questi tre anni hanno riguardato proprio il nesso tra agricoltura e tutela dell'ambiente<sup>5</sup>.

Non appare, peraltro, possibile indirizzare la politica agricola in senso esclusivamente ambientalistico, dal momento che, come noto, questa politica deve perseguire gli obiettivi indicati dal Trattato e specificamente nell'art. 39<sup>6</sup>: i quali, come è agevole verificare, non contengono riferimenti alla tutela ambientale o alla lotta contro i cambiamenti climatici. Vero è che agli obiettivi specifici della PAC si è affiancato quello, di natura trasversale, della tutela dell'ambiente, secondo quanto stabilito dall'art. 11 del medesimo trattato<sup>7</sup> e dall'art. 3, par. 3, prima parte, del TUE<sup>8</sup>.

Risulta così necessario, anche se non sarà sicuramente semplice, coordinare e rendere possibile il perseguimento tanto degli obiettivi di cui all'art. 39, quanto di quello *ex artt.* 3, par. 3, TUE, e 11 TFUE: basti pensare alla necessità di conciliare gli obiettivi della *food security* e di fornire un adeguato sostegno economico agli agricoltori, da un lato, con quelli legati alle esigenze di sostenibilità ambientale, dall'altro. Come emerge da un recente studio del Centro Comune di Ricerca<sup>9</sup>, infatti, che pur ha cura di avvertire in ordine

<sup>4</sup> Le proposte del giugno 2018 tengono conto, invece, dell'Agenda per lo sviluppo sostenibile, in quanto adottata dall'Assemblea Generale delle Nazioni Unite il 25 settembre 2015, "Trasformare il nostro mondo: l'Agenda 2030 per lo sviluppo sostenibile", nota usualmente come "Agenda 2030", con cui si individuano 17 obiettivi di sviluppo sostenibile (tra cui la promozione di una agricoltura sostenibile), destinati a tutti i paesi della comunità internazionale, e non solo a quelli in via di sviluppo, da raggiungere, appunto, nella maggior parte dei casi, entro il 2030.

<sup>5</sup> Come emerge dal Rapporto speciale della Corte dei Conti UE n. 16/2021, *Politica agricola comune e clima*, l'impatto della PAC 2014-2020 nella lotta contro i cambiamenti climatici risulta, peraltro, e nonostante le intenzioni, estremamente modesto.

<sup>6</sup> Le finalità della PAC individuate dal par. 1 dell'art. 39 TFUE sono: a) incrementare la produttività dell'agricoltura, sviluppando il progresso tecnico, assicurando lo sviluppo razionale della produzione agricola come pure un impiego migliore dei fattori di produzione, in particolare della manodopera; b) assicurare così un tenore di vita equo alla popolazione agricola, grazie in particolare al miglioramento del reddito individuale di coloro che lavorano nell'agricoltura; c) stabilizzare i mercati; d) garantire la sicurezza degli approvvigionamenti; e) assicurare prezzi ragionevoli nelle consegne ai consumatori.

<sup>7</sup> Secondo cui «Le esigenze connesse con la tutela dell'ambiente devono essere integrate nella definizione e nell'attuazione delle politiche e azioni dell'Unione, in particolare nella prospettiva di promuovere lo sviluppo sostenibile».

<sup>8</sup> Secondo cui «L'Unione instaura un mercato interno. Si adopera per lo sviluppo sostenibile dell'Europa, basato su una crescita economica equilibrata e sulla stabilità dei prezzi, su un'economia sociale di mercato fortemente competitiva, che mira alla piena occupazione e al progresso sociale, e su un elevato livello di tutela e di miglioramento della qualità dell'ambiente. Essa promuove il progresso scientifico e tecnologico».

<sup>9</sup> Joint Research Center Technical Report, *Modelling environmental and climate ambition in the agricultural sector with the CAPRI model*, 2021.

alla sua natura sostanzialmente incompleta<sup>10</sup>, le strategie della Commissione *From farm to fork* e di quella sulla biodiversità per il 2030 comporteranno verosimilmente una non insignificante riduzione della capacità produttiva dell'agricoltura europea e, conseguentemente, del reddito degli agricoltori; tale situazione rischia di comportare, inoltre, incrementi tanto delle importazioni di prodotti agroalimentari da Paesi terzi quanto dei prezzi. Il JRC pone altresì in discussione anche gli effetti sull'ambiente delle menzionate strategie, posto che la indubitabile riduzione di gas a effetto serra che si verificherà in Europa per effetto delle ricordate strategie sarà probabilmente compensata da un aumento della loro produzione nei Paesi terzi, i cui aumenti di produzione e di produttività risulteranno necessari per il soddisfacimento del fabbisogno europeo. E ciò a riprova, peraltro, della necessità di una *governance* unica a livello mondiale per l'adozione di misure di contrasto ai cambiamenti climatici.

Prima ancora degli aspetti tecnici collegati all'attuazione della politica agricola, il triennio intercorso tra le proposte e l'adozione di una intesa da parte delle tre Istituzioni coinvolte, è stato teatro del dibattito relativo all'approvazione del Quadro Finanziario Pluriennale dell'Unione per il periodo 2021-2027<sup>11</sup> (e dell'ulteriore strumento denominato *Next Generation EU* – NGEU<sup>12</sup>): all'esito del quale l'Unione ha confermato il proprio impegno nel settore, e questo non poteva dirsi un risultato del tutto scontato, soprattutto per quanto riguarda i termini finanziari di tale intervento, che sono rimasti particolarmente importanti, pur alla luce dell'emersione di nuove attenzioni (si pensi solo alla politica migratoria e all'azione per il clima) e dell'uscita dall'UE della Gran Bretagna. Certo è che il Consiglio Europeo del luglio 2020 ha ribadito l'impegno dell'UE nell'attuazione della PAC anche per il prossimo quadro finanziario, destinandovi 342 miliardi di euro circa (di cui ca. 258 miliardi per gli interventi sul mercato ed i pagamenti diretti)<sup>13</sup>, a conferma della

<sup>10</sup> Si v. a pag. 3 del Report: «Our results are certainly not a formal impact assessment of the initiatives».

<sup>11</sup> Cfr. il reg. UE 2020/2093 del Consiglio del 17 dicembre 2020, che stabilisce il quadro finanziario pluriennale per il periodo 2021 – 2027; in data 16 dicembre 2020 è stato altresì approvato, ex art. 295 TFUE, l'Accordo Interistituzionale tra il Parlamento europeo, il Consiglio e la Commissione sulla disciplina di bilancio, sulla cooperazione in materia di bilancio e sulla sana gestione finanziaria nonché su nuove risorse proprie, compresa una tabella di marcia per l'introduzione di nuove risorse proprie.

<sup>12</sup> Comportante la messa a disposizione degli Stati membri di 750 miliardi di euro supplementari, in parte sotto forma di sovvenzioni e in parte in forma di prestiti, di cui, 7,5 miliardi sono destinati alle misure di sviluppo rurale); cfr. il reg. UE n. 2020/2094 del Consiglio del 14 dicembre 2020 che istituisce uno strumento dell'UE per la ripresa, a sostegno alla ripresa dell'economia dopo la crisi COVID-19.

<sup>13</sup> Nel periodo 2014-2020 (fonte: [europarl.europa.eu/factsheets/it/sheet/106/il-finanziamento-della-pac](http://europarl.europa.eu/factsheets/it/sheet/106/il-finanziamento-della-pac)) la PAC ha avuto uno stanziamento di 408 miliardi di euro: si determinerebbe



sua necessità storica, prima ancora che giuridica, confermandone l'impianto a due pilastri e ricordando come compito precipuo della PAC sia il perseguimento degli obiettivi ad essa assegnati dal trattato.

I tre anni di negoziato hanno, inoltre, portato ulteriori novità, tra cui la nuova condizionalità "sociale", ovvero il necessario rispetto, per il conseguimento pieno e senza decurtazioni degli aiuti cui si ha dritto, della normativa giuslavoristica dettata da alcune direttive europee, a seguito delle pressanti richieste in tal senso provenienti dalle organizzazioni sindacali dei lavoratori agricoli, nei cui confronti il Parlamento europeo si è dimostrato particolarmente sensibile. Anche in relazione a questo istituto, occorrerà, peraltro, verificarne la concreta attuazione per accertare se, come per la "vecchia" condizionalità, si sia in presenza di un istituto più "di facciata" che di sostanza.

Venendo più agli aspetti tecnici, ma pur sempre restando nel quadro di considerazioni di ordine generale, la nuova normativa europea sarà sicuramente più semplice, e ciò sia perché gli attuali regolamenti su pagamenti diretti e misure di sviluppo rurale verranno unificati in un unico testo regolamentare (con travaso della disciplina sulla condizionalità nel regolamento sui piani strategici, lasciando così al regolamento orizzontale la normativa su controlli e sanzioni<sup>14</sup>), ma anche, e soprattutto, perché l'Unione ha deciso di ricorrere ampiamente al principio di sussidiarietà<sup>15</sup>, demandando agli Stati membri l'elaborazione di "piani strategici nazionali", i quali dovranno contenere il quadro disciplinare relativo all'insieme delle misure, concernenti entrambi i pilastri; la normativa europea si limiterà, così, a fornire solo la cornice regolatoria necessaria per garantire l'omogeneità delle misure nazionali, destinata ad essere implementata e attuata dalle decisioni di ogni singolo Stato membro.

In questo modo le Istituzioni europee, Commissione *in primis*, si sgravano di una parte significativa dell'attuazione della politica agricola, "scaricandola"

---

così, per il prossimo quadro finanziario, una riduzione di ca. il 16%, la quale deve comunque essere valutata anche alla luce del venir meno del Regno Unito quale Stato membro dell'UE per effetto della Brexit.

<sup>14</sup> Basti pensare che la proposta di regolamento sui piani strategici consta di 142 articoli, mentre i due regolamenti che verranno sostituiti erano composti complessivamente da n. 164 articoli, cui devono aggiungersi gli 11 articoli che il reg. 1306/2013 dedicava alla condizionalità (da 91 a 101).

<sup>15</sup> Codificato nell'art. 5, par. 3, TUE, secondo cui «In virtù del principio di sussidiarietà, nei settori che non sono di sua competenza esclusiva l'Unione interviene soltanto se e in quanto gli obiettivi dell'azione prevista non possono essere conseguiti in misura sufficiente dagli Stati membri, né a livello centrale né a livello regionale e locale, ma possono, a motivo della portata o degli effetti dell'azione in questione, essere conseguiti meglio a livello di Unione. Le istituzioni dell'Unione applicano il principio di sussidiarietà conformemente al protocollo sull'applicazione dei principi di sussidiarietà e di proporzionalità. I parlamenti nazionali vigilano sul rispetto del principio di sussidiarietà secondo la procedura prevista in detto protocollo».

sugli Stati membri, riducendo grandemente le difficoltà che in precedenza si sono manifestate nella gestione dei rapporti con gli Stati membri per giungere alla predisposizione di testi normativi condivisi (e per tale motivo risultanti, quasi sempre, frutto di ampie scelte di compromesso ovvero strutturati in maniera tale da lasciare ampie e importanti facoltà di scelta da parte degli Stati membri). Gli Stati membri, a loro volta, si trovano maggiori responsabilità nella gestione della PAC, e non potranno così a loro volta scaricare sulle Istituzioni europee i malcontenti degli interessati circa la gravosità degli impegni e la complessità del sistema.

Pare (il condizionale è d'obbligo) che vi sarà una maggiore attenzione sui risultati (cfr. art. 7 della proposta di regolamento sui piani strategici, che stabilisce indicatori di risultato e di impatto), così accogliendo i rilievi fatti in passato dalla Corte dei Conti UE in ordine alla (scarsa) efficacia di strumenti quali la condizionalità e il *greening*. Come sempre, peraltro, non sarà la previsione di indicatori a rendere verificabile l'attuazione della PAC, dovendosi sempre accertare in concreto quale sarà il grado di effettiva attenzione ai risultati e alla verificabilità dell'efficacia degli impegni.

Certo è che, così operando, si profila il rischio di una rinazionalizzazione della politica agricola, a questo punto non molto "comune" anche se la scelta di fondo operata consentirà di avere maggiore attenzione alle varie realtà locali. Decisivo sarà, ad ogni modo, il "come" gli Stati membri e la Commissione orienteranno la loro azione: se i primi rispetteranno le loro prerogative senza fughe in avanti, e se la seconda saprà fare buona guardia sul contenuto dei piani nazionali, onde garantire che tutti operino all'interno di un'unica cornice disciplinare. A questo riguardo, sarà fondamentale la fase di necessaria approvazione dei piani nazionali da parte della Commissione, potendo tale attività svolgersi in maniera essenzialmente burocratica, con la più o meno supina accettazione del loro contenuto, ovvero con attenzione alla sostanza e, dunque, a che le misure ivi previste rispettino effettivamente il quadro normativo delineato nei prossimi regolamenti, eventualmente condizionando il rilascio dell'approvazione alle più opportune modificazioni dei piani stessi.

Quanto sopra per quanto riguarda gli aiuti concessi all'interno della PAC: occorre essere però consapevoli che la sola erogazione di aiuti non può dirsi sufficiente per sostenere il settore agricolo, anche in considerazione delle riduzioni degli impegni finanziari che già si sono verificate con l'approvazione dell'attuale QFP, e di quelle che verosimilmente si realizzeranno in futuro. Risulta, così, pur sempre necessaria un'azione concorrente dell'Unione anche sul mercato, per rafforzare la posizione degli agricoltori, utilizzando all'uopo il trattamento speciale cui il settore della produzione e

il commercio dei prodotti agricoli dell'Allegato I al TFUE è beneficiario in ordine alla politica di concorrenza. Sul punto, solo qualche accenno è contenuto nella comunicazione "*From farm to fork*" e una espressa menzione viene fatta nell'articolo 6 della proposta di regolamento sui piani strategici che contempla, tra gli obiettivi specifici, il rafforzamento della posizione degli agricoltori.

Oltre a ciò, occorre iniziare a ripensare l'approccio alle nuove tecniche di ingegneria genetica, in grado di realizzare organismi vegetali con migliori caratteristiche di adattamento ai cambiamenti climatici e in grado di assicurare elevate rese produttive e non dimenticare l'aspetto della formazione professionale degli operatori<sup>16</sup>. Come si è già rilevato in altra sede, «anche la massima attenzione nel perseguimento di obiettivi *lato sensu* ambientali e la destinazione di ingenti risorse a tal fine può rivelarsi inefficace o non del tutto efficace se, al contempo, non viene dedicata altrettanta attenzione ai profili collegati alla formazione professionale degli operatori chiamati a svolgere attività agricola in maniera più sostenibile. Come è stato anche recentemente constatato, è, infatti, ancora troppo basso il livello di scolarizzazione e di conoscenze, ai fini della riduzione degli agrofarmaci e dell'incremento della produzione e della produttività; si pensi, ad es., all'agricoltura di precisione che consente una migliore efficienza produttiva unitamente a minori costi e utilizzo di prodotti potenzialmente inquinanti: per la sua diffusione e implementazione non è sufficiente lo sviluppo e l'innovazione tecnologica, risultando pur sempre necessario il possesso delle necessarie competenze affinché le nuove tecnologie possano essere utilizzate al meglio»<sup>17</sup>. Tali aspetti sembra non verranno trascurati: la Commissione UE, infatti, nella propria Comunicazione *From farm to fork* afferma di voler promuovere sistemi di conoscenza e innovazione in campo agricolo (AKIS: *Agricultural Knowledge and Innovation Systems*), stabilendo che nei futuri piani strategici nazionali occorrerà aumentare il sostegno destinato a tali sistemi.

<sup>16</sup> Al momento, tuttavia, è dato di registrare solo una generica apertura alle NBT nella comunicazione *From farm to fork*, alla cui pag. 9 si legge che «le nuove tecniche innovative, compresi le biotecnologie e lo sviluppo di bioprodotto, possono contribuire ad aumentare la sostenibilità, a condizione che siano sicure per i consumatori e per l'ambiente apportando al tempo stesso vantaggi alla società nel suo complesso. Tali tecniche possono inoltre accelerare il processo di riduzione della dipendenza dai pesticidi. In risposta alla richiesta degli Stati membri, la Commissione sta effettuando uno studio che esaminerà il potenziale delle nuove tecniche genomiche per migliorare la sostenibilità lungo la filiera alimentare».

<sup>17</sup> Così L. Russo, *Emergenza Covid-19 e Politica Agricola Comune*, in «Riv. dir. alim.», n. 1, 2021, pp. 45 ss.

## RIASSUNTO

Al momento non può ancora dirsi definitivo l'assetto della PAC per il periodo 2023-2027, dovendo ancora essere ultimato l'iter di adozione dei testi regolamentari.

L'aspetto probabilmente di maggior rilievo è dato dal sopravvenire, rispetto alle iniziali proposte normative della Commissione, della strategia relativa al c.d. Green deal.

Gli ambiziosi obiettivi sottesi a tale strategia, volta ad incrementare la sostenibilità ambientale di qualsiasi settore produttivo e non, e a incrementare l'azione contro i cambiamenti climatici, coinvolgono inevitabilmente anche il settore primario, posto che esso è al tempo stesso sia un fattore di rischio ma anche un fattore di protezione.

Non appare, peraltro, possibile, indirizzare la politica agricola in senso esclusivamente ambientalistico, dal momento che la PAC deve perseguire gli obiettivi indicati nell'art. 39 TFUE, da coordinarsi con quello, trasversale, della tutela dell'ambiente, ex art. 11 TFUE.

Con la nuova normativa l'Unione ha deciso di ricorrere ampiamente al principio di sussidiarietà, demandando agli Stati membri l'elaborazione di piani strategici nazionali, i quali dovranno contenere il quadro disciplinare relativo all'insieme delle misure, concernenti entrambi i pilastri.

Così operando si profila il rischio di una rinazionalizzazione della politica agricola, a questo punto non molto "comune", anche se la scelta di fondo operata consentirà di avere maggiore attenzione alle varie realtà locali.

Quanto sopra per quanto riguarda gli aiuti concessi all'interno della PAC: occorre essere però consapevoli che la sola erogazione di aiuti non può dirsi sufficiente per sostenere il settore agricolo: risulta, così, pur sempre necessaria un'azione concorrente dell'Unione anche sul mercato, per rafforzare la posizione degli agricoltori.

LUIGI RUSSO<sup>1</sup>

## The new system of agricultural aid

<sup>1</sup> Full Professor of Agricultural Law, University of Ferrara

After the Commission's initial proposals, dating back to 1 June 2018<sup>1</sup>, some three years later the relevant negotiations between the European institutions involved in the legislative process were completed; at present, the final texts of the regulations that will form the backbone of the CAP over the 2023-2027 period are still missing.

It is therefore necessary, for the moment, to limit ourselves to an examination of only those strategic aspects that emerge from the negotiations held and the agreement finally reached, leaving the examination of the technicalities of the reform to when the final texts are presented.

<sup>1</sup> At the moment, the proposals are still the ones dated all June 1, 2018, COM (2018) having the numbers 392 (Proposal for a Regulation of the European Parliament and of the Council Regulation of the European Parliament and of the Council laying down rules on support for strategic plans to be drawn up by the Member States under the common agricultural policy (CAP strategic plans) and financed by the European Agricultural Guarantee Fund (EAGF) and the European Agricultural Fund for Rural Development (EAFRD) and repealing Regulation (EU) No. 1305/2013 of the European Parliament and of the Council and Regulation (EU) No. 1307/2013 of the European Parliament and of the Council), 393 (Proposal for a Regulation of the European Parliament and of the Council on the financing, management and monitoring of the common agricultural policy and repealing Regulation (EU) No. 1306/2013), 394 (Proposal for a Regulation of the European Parliament and of the Council amending Regulations (EU) No. 1308/2013 on the common organisation of the markets in agricultural products, (EU) No. 1151/2012 on quality schemes for agricultural products and foodstuffs, (EU) No. 251/2014 on the definition, description, presentation, labelling and the protection of geographical indications of aromatised wine products, (EU) No 228/2013 laying down specific measures for agriculture in favour of the outermost regions of the Union and (EU) No 229/2013 laying down specific measures for agriculture in favour of the smaller Aegean islands). The three proposals followed the Communication from the Commission to the European Parliament, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions, *The Future of Food and Agriculture* of 29 November 2017, COM (2017) 713 final.

The most important aspect is probably the fact that, compared to the initial regulations' proposals of the Commission, the strategy adopted by the Commission that took office following the 2019 elections, relating to the so-called *Green deal*<sup>2</sup>, has taken over.

The ambitious objectives underlying this strategy, aimed at increasing the environmental sustainability of any productive and non-productive sector, including strengthening action against climate change, inevitably also involve the primary sector, given that it is both a risk factor because of climate-changing emissions and the negative externalities that agricultural production has on the environment, but also a factor for protection, given that agricultural activity contributes in various ways to protecting the environment, preventing the depopulation of rural areas, maintaining the territory and combating hydrogeological risks<sup>3</sup>. With this new strategy, the Commission outlines a series of actions that will inevitably involve the agricultural activity in different ways: think of the objective to increase the protected areas, to reach an enlargement up to 30% of the land area and 30% of the marine area, of which at least one third should be subject to protection defined as "strict". The increase in protected areas will inevitably have repercussions on agricultural activity, since, especially in the presence of "rigorous" protection measures, it can go so far as to inhibit agricultural production. Moreover, under the new CAP, according to the above-mentioned planning documents, on the one hand, completely sustainable agricultural practices should be encouraged - such as precision farming, organic farming, agroecology, agroforestry, low-intensity permanent grassland, the adoption of stricter animal welfare standards - and, on the other hand, regulatory provisions should be introduced to impose a reduction in the number of animals in the area. On the other hand, legislation should be introduced to require a reduction of 50% in the use of chemical pesticides in general and 50% in the use of hazardous pesticides by 2030, and to require that at least 10% of agricultural land be used for highly diverse landscape features, at least 25% of agricultural land be used for activities in accordance with organic farming standards, and that fertiliser use be reduced by at least 20% compared to current levels.

<sup>2</sup> See Communication from the Commission to the EP, the Council, the EESC, the Committee of the Regions COM (2019) 640 final of 11 December 2019, *The European Green Deal*.

<sup>3</sup> See the Communications from the Commission to the EP and the Council of 20 May 2020, entitled "From farm to fork" for a fair, healthy and environmentally friendly food system and "On Biodiversity 2030. Bringing nature back into our lives", respectively COM (2020) 381 and 380 of 20 May 2020.

The fact is that, as has been said, the proposals for what will be the CAP of the near future date back to before the adoption of the *Green Deal*<sup>4</sup>, so much so that many of the problematic aspects that have emerged over the last three years have concerned precisely the link between agriculture and environmental protection<sup>5</sup>.

It does not seem, however, possible to direct agricultural policy in an exclusively environmental sense, since, as is well known, this policy must pursue the objectives indicated by the TFEU and specifically in Article 39<sup>6</sup>: which, as can be verified, do not contain references to environmental protection or the fight against climate change. It is true that the specific objectives of the CAP are accompanied by the cross-cutting objective of environmental protection, as laid down in Article 11 of the TFEU<sup>7</sup> and in the first part of Article 3(3) of the TEU<sup>8</sup>.

It is therefore necessary, even though it will certainly not be easy, to co-ordinate and make possible the pursuit of both the objectives of art. 39 and those of art. 3, par. 3, TEU, and 11 TFEU: it is enough to think of the need to reconcile the objectives of food security and providing adequate economic support to farmers, on the one hand, with those related to the needs of environmental sustainability, on the other. As emerges from a recent study by the Joint Research Centre (JRC)<sup>9</sup>, in fact, although it warns of its substantially

<sup>4</sup> Instead, the June 2018 proposals take into account the Agenda for Sustainable Development, as adopted by the United Nations General Assembly on 25 September 2015, "Transforming our world: the 2030 Agenda for Sustainable Development", usually known as the "2030 Agenda", by which 17 sustainable development goals (including the promotion of sustainable agriculture) are identified, intended for all countries in the international community, and not only for developing countries, to be achieved, in fact, in most cases, by 2030.

<sup>5</sup> As shown by the Court of Auditors' Special Report No 16/2021, *Common Agricultural Policy and Climate*, the impact of the CAP 2014 - 2020 in the fight against climate change is, however, and despite intentions, extremely modest.

<sup>6</sup> The aims of the CAP as identified by Article 39(1) TFEU are: a) to increase agricultural productivity, by developing technical progress, ensuring the rational development of agricultural production as well as the better use of the factors of production, in particular labour; b) thus to ensure a fair standard of living for the agricultural community, thanks in particular to the improvement of the individual income of those working in agriculture; c) to stabilise markets; d) to guarantee security of supply; e) to ensure reasonable prices in deliveries to consumers.

<sup>7</sup> It states that «environmental protection requirements must be integrated into the definition and implementation of the Union's policies and activities, in particular with a view to promoting sustainable development».

<sup>8</sup> It states that «The Union shall establish an internal market. It shall work for the sustainable development of Europe based on balanced economic growth and price stability, a highly competitive social market economy, aiming at full employment and social progress, and a high level of protection and improvement of the quality of the environment. It shall promote scientific and technological progress».

<sup>9</sup> Joint Research Center Technical Report, *Modelling environmental and climate ambition in the agricultural sector with the CAPRI model*, 2021.

incomplete nature<sup>10</sup>, the Commission's From Farm to Fork and Biodiversity strategies for 2030 are likely to lead to a not insignificant reduction in the productive capacity of European agriculture and, consequently, in farmers' incomes; this situation is also likely to lead to increases in both imports of agri-food products from third countries and prices. The JRC also questions the environmental effects of the above strategies, given that the undoubted reduction in greenhouse gases that will occur in Europe as a result of the above strategies will probably be offset by an increase in their production in third countries, whose production and productivity increases will be necessary to meet European needs. This demonstrates, moreover, the need for a single global governance for *the* adoption of measures to combat climate change.

Even before the technical aspects related to the implementation of agricultural policy, the three-year period between the proposals and the adoption of an agreement by the three institutions involved was the scene of the debate on the approval of the Union's Multiannual Financial Framework for the period 2021-2027<sup>11</sup> (and of the additional instrument called Next Generation EU - NGEU<sup>12</sup>): at the end of which the Union confirmed its commitment in the sector, and this could not be said to be an entirely predictable result, especially as regards the financial terms of this intervention, which remained particularly important, even in the light of the emergence of new attentions (just think of migration policy and climate action) and the exit of Great Britain from the EU. What is certain is that the European Council of July 2020 reaffirmed the EU's commitment to the implementation of the CAP also for the next financial framework, allocating about 342 billion Euros (of which about 258 billion for market interventions and direct payments)<sup>13</sup>. This confirms its historical need, even before the legal one, confirming the two-pillar

<sup>10</sup> See page 3 of the Report: «Our results are certainly not a formal impact assessment of the initiatives».

<sup>11</sup> See EU Reg. 2020/2093 of the Council of 17 December 2020, laying down the multiannual financial framework for the period 2021 - 2027; on 16 December 2020, the Interinstitutional Agreement between the European Parliament, the Council and the Commission on budgetary discipline, cooperation in budgetary matters and sound financial management as well as on new own resources, including a roadmap for the introduction of new own resources, was also approved *pursuant to* Article 295 TFEU

<sup>12</sup> Involving making available to Member States an additional EUR 750 billion, partly in the form of grants and partly in the form of loans, of which EUR 7.5 billion is earmarked for rural development measures): see Council Reg. EU No 2020/2094 of 14 December 2020 establishing an EU recovery instrument to support the recovery of the economy after the COVID-19 crisis.

<sup>13</sup> In the 2014-2020 period (source: [europarl.europa.eu/factsheets/en/sheet/106/the-funding-of-the-cap](https://europarl.europa.eu/factsheets/en/sheet/106/the-funding-of-the-cap)) the CAP had an allocation of 408 billion euros: this would result in a reduction of around 16% for the next financial framework, which must also be assessed in the light of the disappearance of the United Kingdom as an EU member state due to Brexit.



system and recalling how the main task of the CAP is to pursue the objectives assigned to it by the Treaty.

The three years of negotiation have also brought further innovations, including the new “social” conditionality, i.e. the need to comply with the labour laws dictated by some European directives in order to obtain the full and undiminished aid to which one is entitled, following pressing requests to this effect from agricultural workers’ unions, to which the European Parliament has shown itself to be particularly sensitive. It will be necessary, however, to verify the concrete implementation of this institute in order to ascertain whether, as in the case of the “old” cross-compliance, we are in the presence of an institute that is more of a “façade” than of substance.

Turning more to the technical aspects, while remaining within the framework of general considerations, the new European legislation will certainly be simpler, both because the current regulations on direct payments and rural development measures will be merged into a single regulatory text (transferring the rules on conditionality to the regulation on strategic plans, thus leaving the rules on controls and sanctions to the horizontal regulation<sup>14</sup>), but also, and above all, because the Union has decided to make extensive use of the principle of subsidiarity<sup>15</sup>, entrusting member states with the elaboration of ‘national strategic plans’, which will have to contain the disciplinary framework relating to all the measures concerning both pillars; European legislation will thus be limited to providing only the regulatory framework necessary to ensure the homogeneity of national measures, which will be implemented and enforced by the decisions of each individual Member State.

In this way, the European institutions, the Commission *in primis*, are relieved of a significant part of the implementation of agricultural policy, “off-loading” it onto the Member States, thereby greatly reducing the difficulties that previously arose in managing relations with the Member States in order to arrive at shared legislative texts (which, for this reason, were almost always the result of wide-ranging choices of compromise, or structured in such a way

<sup>14</sup> Suffice it to say that the proposal for a regulation on strategic plans consists of 142 articles, while the two regulations to be replaced had a total of 164 articles, to which must be added the 11 articles that Reg. 1306/2013 dedicated to cross-compliance (from 91 to 101).

<sup>15</sup> Codified in Article 5(3) TEU, according to which «Under the principle of subsidiarity, in areas which do not fall within its exclusive competence, the Union shall take action only if and in so far as the objectives of the proposed action cannot be sufficiently achieved by the Member States, either at central level or at regional and local level, but can rather, by reason of the scale or effects of the proposed action, be better achieved by the Union. The Union institutions shall apply the principle of subsidiarity in accordance with the Protocol on the application of the principles of subsidiarity and proportionality. National Parliaments shall ensure compliance with the principle of subsidiarity in accordance with the procedure set out in that Protocol».

as to leave the Member States wide and important options). The Member States, in turn, are given greater responsibility in the management of the CAP, and will thus not be able to offload onto the European institutions the discontent of those concerned about the burdensome nature of the commitments and the complexity of the system.

It seems (the conditional is obligatory) that there will be a greater focus on results (see art. 7 of the proposal for a regulation on strategic plans, which establishes result and impact indicators), thus accepting the remarks made in the past by the EU Court of Auditors regarding the (low) effectiveness of instruments such as cross-compliance and greening. As always, however, it will not be the provision of indicators that will make the implementation of the CAP verifiable, as it will always be necessary to ascertain in practice the degree of actual attention to results and the verifiability of the effectiveness of commitments.

What is certain is that, if this is done, there is a risk of a renationalisation of the agricultural policy, which at this point is not very “common”, even if the basic choice made will allow greater attention to be paid to the various local situations. In any case, the decisive factor will be the way in which the Member States and the Commission direct their action: whether the former will respect their prerogatives without going too far, and whether the latter will be able to keep a watchful eye on the content of the national plans, in order to ensure that they all operate within a single disciplinary framework. In this regard, the phase of the necessary approval of the national plans by the Commission will be fundamental, since this activity can be carried out in an essentially bureaucratic way, with a more or less supine acceptance of their content, or with attention being paid to the substance and, therefore, to ensuring that the measures provided for therein actually comply with the regulatory framework outlined in the forthcoming regulations, possibly making the granting of approval conditional upon the most appropriate amendments to the plans themselves.

However, it should be borne in mind that the provision of aid alone cannot be said to be sufficient to support the agricultural sector, not least in view of the reductions in financial commitments that have already occurred with the approval of the current MFF and those that are likely to occur in the future. Thus, it is still necessary for the EU to take competitive action on the market as well, in order to strengthen the position of farmers, making use of the special treatment that the agricultural production and trade sector of the products listed in Annex I to the TFEU enjoys in terms of competition policy. On this point, only a few references are made in the communication *‘From farm to fork’* and express mention is made in Article 6 of the proposal for a

regulation on strategic plans, which includes strengthening the position of farmers among its specific objectives.

In addition, we need to start rethinking our approach to new genetic engineering techniques, which can produce plant organisms that are better able to adapt to climate change and ensure high production yields, and we must not forget the aspect of professional training for operators<sup>16</sup>. As already pointed out elsewhere, «even the greatest attention to the pursuit of environmental objectives and the allocation of significant resources for this purpose may prove ineffective or not entirely effective if, at the same time, the same attention is not paid to profiles related to vocational training of operators called to perform agricultural activities in a more sustainable way. As has also been recently ascertained, the level of schooling and knowledge is still too low for the purposes of reducing the use of agropharmaceuticals and increasing production and productivity; think, for example, of precision agriculture, which allows better production efficiency together with lower costs and use of potentially polluting products: for its diffusion and implementation, technological development and innovation are not enough, as it is still necessary to possess the necessary skills so that the new technologies can be used in the best possible way»<sup>17</sup>. It seems that these aspects will not be neglected: in fact, the EU Commission, in its Communication *From farm to fork*, states that it wants to promote knowledge and innovation systems in the agricultural field (AKIS: *Agricultural Knowledge and Innovation Systems*), establishing that in future national strategic plans it will be necessary to increase support for these systems.

#### ABSTRACT

At the moment, the structure of the CAP for the period 2023-2027 cannot yet be considered definitive, as the process of adopting the regulatory texts has yet to be completed.

The most important aspect is probably the emergence of the Green Deal strategy compared to the Commission's initial regulatory proposal.

<sup>16</sup> At present, however, there is only a general openness to New Breeding Techniques (NBT) in the communication *From Farm to Fork*, page 9 of which states that «New innovative techniques, including biotechnology and bioproduct development, can help increase sustainability, provided they are safe for consumers and the environment while benefiting society as a whole. Such techniques can also accelerate the process of reducing dependence on pesticides. In response to the request from Member States, the Commission is carrying out a study that will examine the potential of new genomic techniques to improve sustainability along the food supply chain».

<sup>17</sup> Thus L. Russo, *Emergenza Covid-19 e Politica Agricola Comune*, in «Riv. dir. alim.», n. 1, 2021, pp. 45 ss.

The ambitious objectives underlying this strategy, aimed at increasing the environmental sustainability of all productive and non-productive sector, and at increasing action against climate change, inevitably also involve the primary sector, given that it is both a risk and a protection factor.

However, it does not appear possible to direct agricultural policy exclusively towards the environment, since the CAP must pursue the objectives set out in Art. 39 TFEU, to be coordinated with the cross-cutting objective of environmental protection under Art. 11 TFEU.

With the new legislation, the EU has decided to make extensive use of the principle of subsidiarity, entrusting Member States with the task of drawing up national strategic plans, which must contain the disciplinary framework relating to all the measures concerning both pillars.

In this way, there is a risk of a renationalization of agricultural policy, which at this point is not very “common”, even if the basic choice made will allow greater attention to be paid to the various local situations.

The above with regard to aid granted within the CAP: however, it is necessary to be aware that the provision of aid alone cannot be said to be sufficient to support the agricultural sector: it is therefore still necessary for the Union to act also on the market, to strengthen the position of farmers.

MICHAEL T. ROBERTS<sup>1</sup>

## La Politica Agricola negli USA nel XXI secolo, letta attraverso il prisma del diritto

<sup>1</sup> Founding Director of the Resnick Center for Food Law and Policy, University of California, Log Angeles, School of Law (UCLA)

### I. INTRODUZIONE

Presentare la politica agricola per gli Stati Uniti nel 21° secolo è impresa complessa, simile a «vedere attraverso un vetro oscuro»<sup>1</sup>. Chi scrive queste note non rivendica alcuna abilità o competenza speciale nel predire il futuro della politica agricola in questo secolo, specialmente per un Paese così profondamente diviso politicamente che ogni tentativo divinatorio in qualsiasi settore, per non parlare dell'agricoltura, è un impegno incerto.

Ciò in cui chi scrive ha una certa esperienza è il rapporto tra la politica agricola e le norme sociali negli Stati Uniti e il ruolo del diritto nell'affrontare le tensioni e le convergenze tra questi due ambiti.

Questo articolo esplora questa dinamica, concentrandosi su alcune politiche agricole che probabilmente saranno discusse, perfezionate e forse adottate nel ventunesimo secolo

### II. LA RELAZIONE FRA DIRITTO E POLITICA AGRICOLA

#### *A. Adattamento della legislazione alimentare al sistema alimentare moderno e alle norme sociali*

Chi scrive ha notato in altra occasione che la legislazione alimentare negli Stati Uniti propone risposte al moderno sistema alimentare e all'interesse dei

<sup>1</sup> 1 Corinthians 13:12 (King James).

consumatori<sup>2</sup>. Questo adattamento «richiede nuove regole e nuove idee ed i due temi – il sistema alimentare moderno e l’interesse dei consumatori – non sono sempre in sincronia tra loro»<sup>3</sup>. La politica agricola aiuta a definire le priorità e gli obiettivi del moderno sistema alimentare e, così facendo, opera come punto focale di queste tensioni. Il diritto utilizza diversi strumenti per decidere in giudizio, arbitrare o risolvere queste tensioni e per aiutare a costruire convergenze ove possibile.

*B. Un caso rilevante: l’ingresso nel XXI secolo dell’industria zootecnica statunitense*

Un esempio di come la legge ha affrontato e affronterà le tensioni derivanti dalla politica agricola nel ventunesimo secolo riguarda la carne ottenuta dagli allevamenti. La promozione e la protezione dell’industria zootecnica è stata a lungo una parte importante e integrante della politica agricola negli Stati Uniti. Questa politica cerca di motivare i consumatori ad acquistare carne statunitense invece di carne importata attraverso l’etichettatura di origine. All’inizio di quest’anno, nel tentativo di espandere la capacità di lavorazione di carne e pollame e di aumentare la concorrenza, il Dipartimento dell’agricoltura degli Stati Uniti (USDA) ha presentato un piano che include regole sulle etichette “Prodotto degli Stati Uniti”<sup>4</sup>.

In precedenza, sempre nel ventunesimo secolo, la legislazione del Congresso sull’etichettatura di origine (COOL), confermata dai successivi programmi e regolamenti, ha prescritto l’indicazione in etichetta del luogo in cui l’animale era nato, cresciuto ed era stato macellato<sup>5</sup>. L’implementazione del sistema di etichettatura COOL ha generato una pluralità di controversie nazionali e internazionali anche in sede giudiziaria<sup>6</sup>, l’adozione di dettagliate istruzioni da parte del segretario dell’Agricoltura degli Stati Uniti<sup>7</sup>, decisioni dell’Organizzazione mondiale del commercio (OMC) sfavorevoli al sistema COOL<sup>8</sup>, e

<sup>2</sup> MICHAEL T. ROBERTS, *Food Law in the United States 2*, Cambridge University Press, 2016.

<sup>3</sup> *Ibidem*.

<sup>4</sup> V. ad es. USDA, USDA Announces \$500 Million for Expanded Meat & Poultry Processing Capacity as Part of Efforts to Increase Competition, Level the Playing Field for Family Farmers and Ranchers, and Build a Better Food System, July 9, 2021, <https://www.usda.gov/media/press-releases/2021/07/09/usda-announces-500-million-expanded-meat-poultry-processing>.

<sup>5</sup> *Ivi*, at 280-82.

<sup>6</sup> *Ivi*, at 282 (che rinvia a *Easterday Ranches v. USDA*, No. CV-08-5067-RHW, 2010 U.S. Dist. LEXIS 10209 (E.D. Wash. February 5, 2010)).

<sup>7</sup> *Ivi*, at 282.

<sup>8</sup> *Ivi*, at 282-84.

ipotesi di abrogazione della legge da parte del Congresso<sup>9</sup>. Nel caso di COOL, il diritto ha svolto molteplici funzioni – legislazione, contenzioso, arbitrato, decisione e abrogazione – in risposta a una controversa politica agricola.

Andando avanti nel ventunesimo secolo, si sta preparando un'altra controversia che coinvolge la politica agricola, le leggi sull'etichettatura, e la carne. Questa controversia però non riguarda la carne importata; piuttosto, l'occasione è legata ai sostituti della carne a base vegetale. Nuove norme stanno rimodellando i valori e le preferenze dei consumatori a favore degli alimenti a base vegetale, compresi, in modo significativo, prodotti destinati a sostituire i prodotti a base di carne<sup>10</sup>. L'hamburger a base vegetale e altri sostituti della carne promettono di aiutare a mitigare i cambiamenti climatici riducendo il numero di emissioni di gas da parte delle mucche<sup>11</sup>, oltre a eliminare la macellazione di animali e a fornire una fonte proteica alternativa e nutriente. Contestando questi punti, l'industria della carne ha combattuto per convincere almeno una dozzina di Stati a emanare una legislazione per limitare l'indicazione dei sostituti a base vegetale come "carne" o "latticini" sulle etichette delle confezioni destinate ai consumatori<sup>12</sup>. L'industria vegetale ha risposto intentando azioni legali contro questi Stati<sup>13</sup>. È probabile che queste controversie verranno risolte in ultima analisi sulla base del Primo Emendamento.

Nonostante la moltiplicazione di battaglie legali, se e in che misura la domanda dei consumatori di "carni" a base vegetale modellerà la politica agricola negli Stati Uniti dipenderà in ultima analisi dai consumatori. Modificare la politica agricola che storicamente ha favorito gli allevatori di bestiame – attraverso programmi governativi, campagne promozionali, accordi commerciali, politiche sull'uso del suolo, finanziamenti di salvataggio e sussidi alle colture che sostengono la produzione di bestiame – richiederà tempo e sarà politicamente doloroso. Alla complessità del dibattito politico si aggiungerà l'offerta sul mercato di carni ottenute attraverso tecniche innovative a partire da singole cellule. Una domanda ragionevole potrebbe essere quella di chie-

<sup>9</sup> News Desk, USDA Ends COOL Enforcement With President's Signature on Omnibus Bill, Food Safety News (Dec. 21, 2015).

<sup>10</sup> V. BRIAN KATEMAN, *Healthier Plant-Based Meat is on the Rise*, «Forbes», May 10, 2021, <https://www.forbes.com/sites/briankateman/2021/05/10/healthier-plant-based-meat-is-on-the-rise/?sh=26a1573820fd>

<sup>11</sup> V. P.J. GERBER ET AL., *Tackling Climate Change Through Livestock - A Global Assessment of Emissions and Mitigation Opportunities*, FAO, 1, 17, 2013.

<sup>12</sup> V. ELAINE WATSON, *'Highly disingenuous . . . ' Plant-based labeling battle heats up as more states challenge use of meat, dairy terms*, February 3, 2021, <https://www.foodnavigator-usa.com/Article/2021/02/03/Highly-disingenuous-Plant-based-labeling-battle-heats-up-as-more-states-challenge-use-of-meat-dairy-terms#>.

<sup>13</sup> V. *ibidem*.

dersi se all'inizio del XXII secolo un bambino in età scolare condannerebbe il nostro attuale sistema alimentare, dopo aver appreso in classe che le generazioni precedenti consumavano in grande quantità carne di animali allevati in un sistema di tipo industriale. Solo il tempo potrà dare delle risposte. È una domanda importante da anticipare perché, quando si tratta di cibo, le norme modellano le scelte dei consumatori e alla fine le politiche seguiranno. L'unica certezza è che la legge negli Stati Uniti sarà al centro di tutto, indipendentemente dall'esito.

### III. ADEGUAMENTO DEL DIRITTO ALLE NORME E ALLE POLITICHE AGRICOLE NEL XXI SECOLO

#### A. *Valutazione dei principi emergenti e possibile ruolo del diritto*

Oltre a quelle relative alla carne/bestiami, ci saranno altre norme e principi nel ventunesimo secolo che potrebbero modellare la politica agricola e richiedere l'adeguamento della disciplina legislativa. Uno di questi principi è l'*equità*. Nel ventunesimo secolo, l'*equità* può operare a favore di una politica agricola intesa a sostenere lo sviluppo di sistemi alimentari locali e regionali e dell'agricoltura urbana per garantire una distribuzione più equa di cibo nutriente, specialmente nei deserti alimentari. Saranno necessarie leggi che facilitino questi sviluppi, come la zonizzazione e le ordinanze locali. Un secondo principio è la *trasparenza*. Questo principio declinato all'interno della domanda dei consumatori potrebbe porre in luce responsabilità nella politica agricola in modi tangibili poiché i costi di determinate pratiche di produzione saranno più facilmente evidenti ai consumatori. Le norme e la domanda dei consumatori di prodotti alimentari autentici possono determinare alleanze fra i produttori di colture speciali per l'adozione di tecnologia e di strategie legali per combattere le frodi alimentari, specialmente nelle complicate linee di approvvigionamento mondiale. Le norme alla base dell'idea sempre più popolare di *sovranità alimentare*, compresa la spinta a preservare le culture alimentari locali, possono concretizzarsi nella politica agricola, in particolare per le tribù indiane native americane. La legge dovrà valutare e arbitrare le complicate intersezioni tra gli Stati Uniti e le tribù<sup>14</sup>. I consumatori possono accentuare la loro attenzione per l'ambiente attraverso le loro scelte in materia di prodotti alimentari, che possono modellare la politica agricola in numerosi

<sup>14</sup> V. National Congress of American Indians, *Tribal Food Sovereignty Advancement Initiative*, <https://www.ncai.org/initiatives/partnerships-initiatives/food-sovereignty>.



modi, compresa la spinta a politiche agricole rigenerative e la ricerca di modi creativi per incentivare la riduzione degli sprechi alimentari. Dato il crescente riconoscimento di come l'agricoltura influisce sull'ambiente, la legge nel ventunesimo secolo può anche scoraggiare dichiarazioni ecologiche fuorvianti, come ha fatto con dichiarazioni di etichettatura fuorvianti attraverso il peculiare strumento legale americano della class action<sup>15</sup>. La legge può svolgere un ruolo importante nell'eliminare la concentrazione dell'agri-business negli Stati Uniti e raggiungere le condizioni di parità attualmente previste dall'amministrazione Biden. Può darsi, infine, che nel XXI secolo il diritto al cibo acquisisca statuto costituzionale negli Stati Uniti, come recentemente evidenziato dallo Stato del Maine che sarà il primo Stato a votare su un emendamento costituzionale che riconosce il diritto al cibo<sup>16</sup>. Questo diritto costituzionale riconoscerebbe ai cittadini il diritto a un cibo adeguato, accessibile e disponibile, prodotto in modo sostenibile<sup>17</sup>. È troppo presto per prevedere se questo movimento avrà qualche effetto sulla politica agricola, ma certamente esso comporta – pur in misura ancora ridotta – che il rapporto giuridico tra cibo, persone e specie continuerà a essere dibattuto nella sfera pubblica.

### B. Tecnologia e innovazione

Non c'è dubbio che la tecnologia e l'innovazione, come hanno fatto a lungo in passato, continueranno a plasmare la politica agricola nel ventunesimo secolo. Il profondo impatto della tecnologia e dell'innovazione sulla composizione degli alimenti e sulla politica agricola è evidente, ma essi possono influenzare la politica agricola anche indirettamente. Esempi di risultati indiretti sulla politica agricola derivanti dalla tecnologia e dall'innovazione includono i progressi nelle tecniche di cottura, conservazione, lavorazione, e distribuzione del cibo. Questa tendenza probabilmente continuerà nel ventunesimo secolo, nella misura in cui, ad esempio, scelte dietetiche e progressi nella nutrizione potrebbero allineare la politica agricola con gli obiettivi di salute pubblica. La legge contribuirà a garantire che le informazioni sulla scienza della nutrizione

<sup>15</sup> V. in generale, Perkins Coie, *Food & Consumer Packaged Goods Litigation Year in Review 2020*, <https://www.perkinscoie.com/en/news-insights/food-litigation-year-in-review-2020.html>.

<sup>16</sup> V. H.P. 61 Res., *Amendment Proposing an Amendment to the Constitution of Maine to Establish a Right to Food*, H.P. 61, January 13, 2021, <https://legislature.maine.gov/legis/bills/getPDF.asp?paper=HP0061&item=1&snum=130#:~:text=33%20This%20constitutional%20resolution%20declares,bodily%20health%20and%20well%2Dbeing>.

<sup>17</sup> V. *ibidem*.

relative a prodotti e ingredienti alimentari specifici siano trasmesse in modo accurato, in particolare ai consumatori.

### *C. Informazioni e dati*

Il potere dell'agricoltura nel ventunesimo secolo sarà alimentato da informazioni e dati sui cambiamenti climatici, i mercati, i modelli di crescita e le preferenze dei consumatori. Le informazioni saranno strettamente connesse con l'applicazione dell'intelligenza artificiale (AI). Molte di queste informazioni e dati sono nelle mani dei produttori, ma tutte le parti interessate a monte e a valle del flusso alimentare possiedono informazioni preziose. Chi possiede, controlla e ha accesso a queste informazioni e dati godrà di una posizione centrale nel ventunesimo secolo. La legge avrà un ruolo importante e critico da svolgere, anche per proteggere la proprietà intellettuale, per conformare la proprietà dei diritti di informazione nei contratti tra produttori e altri detentori di informazioni e cercatori di informazioni, e per sviluppare meccanismi di governance che cercano di democratizzare l'informazione e l'accesso ai dati, in modo che i produttori abbiano parità di accesso.

### *D. Condivisione e buone pratiche*

Gran parte di ciò che affronterà la politica agricola nel ventunesimo secolo comporterà la risposta a shock locali, nazionali e globali – dalle pandemie alle interruzioni del mercato – e darà origine a politiche di resilienza agricola e gestione del rischio. Per evitare minacce e shock esistenziali e per gestire complicate linee di approvvigionamento alimentare, è possibile che la legge cerchi di facilitare la cooperazione e la condivisione di informazioni, rischi e gestione delle risorse scarse. Le disposizioni regolatrici all'interno di questo spazio potrebbero derivare da fonti non legislative, e piuttosto essere contenute in accordi, contratti di fornitura, partenariati pubblico-privato.

La condivisione delle informazioni può anche facilitare lo sviluppo di migliori pratiche globali nel diritto alimentare che sostengano le politiche agricole. Gran parte dello sforzo nel diritto alimentare comparato è stato quello diretto a realizzare l'armonizzazione, specialmente nell'ambito della sicurezza alimentare (*food safety*). La disponibilità di informazioni e dati, combinata con i rischi che tutte le parti interessate devono affrontare nelle interruzioni delle catene di approvvigionamento, può incentivare la condivisione tra parti interessate pubbliche e private con l'intento di andare oltre l'armonizzazione

e migliorare i regimi di regolamentazione alimentare in tutti gli aspetti per il miglioramento della salute dei consumatori e del pianeta<sup>18</sup>.

#### IV. CONCLUSIONI

Qualunque cosa porti il ventunesimo secolo, è chiaro che la legislazione e la politica alimentare avranno un ruolo importante da svolgere. Questo ruolo sarà modellato dalla politica agricola e in alcuni casi potrebbe a sua volta modellare la politica agricola. La politica agricola sarà influenzata anche dal cambiamento delle regole e dalle preferenze dei consumatori. La dinamica in tutte queste parti in movimento sarà fluida, tanto più che il diritto assume forme diverse nella sfera pubblica e in quella privata.

<sup>18</sup> La UCLA Law School's Resnick Center for Food Law and Policy è impegnata in progetti internazionali, intesi a esplorare le possibilità di condivisione di informazioni e best practices per migliorare sia le politiche pubbliche che l'autoregolazione.

MICHAEL T. ROBERTS<sup>1</sup>

## Viewing agriculture policy in the United States in the 21st century through the prism of law

<sup>1</sup> Founding Director of the Resnick Center for Food Law and Policy, University of California, Los Angeles, School of Law (UCLA)

### I. INTRODUCTION

Presenting on agriculture policy for the United States in the 21<sup>st</sup> century is daunting and akin to «see[ing] through a glass darkly»<sup>1</sup>. Indeed, this author claims no special ability or knowledge in predicting the future of agriculture policy for the balance of this century, especially for a country so profoundly politically divided that divining policy in any sector, let alone agriculture, is treacherous work. What this author does have some expertise in is the relationship between agriculture policy and societal norms in the United States and the role of law in addressing tensions and convergences between these two concepts. This article explores this dynamic by focusing on a handful of agriculture policies that likely will be debated, refined, and perhaps adopted in the twenty-first century.

### II. RELATIONSHIP OF LAW TO AGRICULTURE POLICY

#### *A. Adaptation of food law to modern food system and social norms*

This author has previously noted that food law in the United States responds to the modern food system and to the interest of consumers<sup>2</sup>. This adaptation «requires new rules and fresh ideas and the two subjects – the modern food

<sup>1</sup> 1 Corinthians 13:12 (King James).

<sup>2</sup> MICHAEL T. ROBERTS, *Food Law in the United States* 2, Cambridge University Press, 2016.

system and the interest of consumers – are not always in sync.»<sup>3</sup>. As noted in this article, agriculture policy helps shape the priorities and objectives of the modern food system and by doing so serves as the focal point of these tensions. Law in its adapter role uses various legal tools to litigate, arbitrate, or resolve these tensions and to help build convergences where possible.

#### B. *Case in point: U.S. livestock industry moving into the twenty-first century*

An example of how law has and will address tensions arising from agriculture policy in the twenty-first century involves meat derived from livestock. Promoting and protecting the livestock industry has long been an important and integral part of agriculture policy in the United States. This policy seeks to motivate consumers to purchase U.S. meat instead of imported meat through origin labeling. Earlier this year, in an effort to expand processing capacity of meat and poultry and to increase competition, the United States Department of Agriculture (USDA) presented a plan which includes rules on “Product of USA” labels<sup>4</sup>.

Previously in the twenty-first century, country-of-origin labeling (COOL) legislation by Congress, followed by programs and regulations, required information on labels where livestock were born, raised, and slaughtered<sup>5</sup>. COOL as implemented triggered a whirl wind of domestic and international controversy that resulted in litigation<sup>6</sup>, carefully-parsed guidance from the U.S. Secretary of Agriculture<sup>7</sup>, rulings by the World Trade Organization (WTO) unfavorable to COOL<sup>8</sup>, and eventual repeal of the law by Congress<sup>9</sup>. In the case of COOL, law performed multiple functions – legislation, litigation, arbitration, adjudication, and repeal – in response to a controversial agriculture policy.

<sup>3</sup> *Ibidem*.

<sup>4</sup> See e.g., USDA, *USDA Announces \$500 Million for Expanded Meat & Poultry Processing Capacity as Part of Efforts to Increase Competition, Level the Playing Field for Family Farmers and Ranchers, and Build a Better Food System*, July 9, 2021, <https://www.usda.gov/media/press-releases/2021/07/09/usda-announces-500-million-expanded-meat-poultry-processing>.

<sup>5</sup> Ivi, at 280-82.

<sup>6</sup> Ivi, at 282 (citing to *Easterday Ranches v. USDA*, No. CV-08-5067-RHW, 2010 U.S. Dist. LEXIS 10209 [E.D. Wash. February 5, 2010]).

<sup>7</sup> Ivi, at 282.

<sup>8</sup> Ivi, at 282-84.

<sup>9</sup> News Desk, *USDA Ends COOL Enforcement With President's Signature on Omnibus Bill*, Food Safety News (Dec. 21, 2015).

In moving forward in the twenty-first century, another controversy involving agriculture policy, labeling laws, and meat is brewing. This controversy though does not involve imported meat; rather, the instigator is plant-based meat substitutes. New norms are reshaping consumer values and preferences in favor of plant-based foods, including most significantly, such products intended to substitute for meat products<sup>10</sup>. The plant-based burger and other meat substitutes promise to help mitigate climate change by reducing the number of emission of gases by cows<sup>11</sup>, as well as eliminate the killing of animals and provide a nutritious alternative protein source. Contesting these points, the meat industry has fought to convince at least a dozen states to enact legislation to restrict plant-based substitutes from being identified as “meat” or “dairy” on consumer packaging labels<sup>12</sup>. The plant-based industry has responded by filing lawsuits against these states<sup>13</sup>. It is likely that these legal disputes will be resolved ultimately on First Amendment grounds.

Notwithstanding the flurry of legal battles, whether and to what extent consumer demand for plant-based “meats” will shape agriculture policy in the United States will depend ultimately on consumers. Unraveling agriculture policy that historically has benefitted livestock ranchers – from government programs, promotional campaigns, trade agreements, land use policies, rescue funding, and subsidies to crops that sustain livestock production – will take time and will be painful politically. Adding to the complexity of the policy debate will be the advent of marketable cell-based meats. A reasonable question could be asked whether at the beginning of the twenty-second century a school child might condemn our current food system after learning in the classroom that earlier generations consumed meat in large quantity from animals raised in an industrial-style system? Only time will tell. This is an important question to anticipate because when it comes to food, norms shape consumer choices and eventually policies will follow. The one surety will be that law in the United States will be in the thick of it no matter the outcome.

<sup>10</sup> See BRIAN KATEMAN, *Healthier Plant-Based Meat is on the Rise*, «Forbes», May 10, 2021, <https://www.forbes.com/sites/briankateman/2021/05/10/healthier-plant-based-meat-is-on-the-rise/?sh=26a1573820fd>

<sup>11</sup> See P.J. GERBER ET AL., *Tackling Climate Change Through Livestock - A Global Assessment of Emissions and Mitigation Opportunities*, «FAO», 1, 17, 2013.

<sup>12</sup> See ELAINE WATSON, *‘Highly disingenuous . . .’ Plant-based labeling battle heats up as more states challenge use of meat, dairy terms*, February 3,, 2021, <https://www.foodnavigator-usa.com/Article/2021/02/03/Highly-disingenuous-Plant-based-labeling-battle-heats-up-as-more-states-challenge-use-of-meat-dairy-terms#>.

<sup>13</sup> See *ibidem*.

### III. ADAPTATION OF LAW TO NORMS AND AGRICULTURE POLICIES IN THE TWENTY-FIRST CENTURY

#### *A. Assessment of emerging norms and possible role of law*

In addition to meat/livestock, there will be other norms in the twenty-first century that may shape agriculture policy and require law to adapt. One such norm is equity. In the twenty-first century, equity may spur agriculture policy advancing local and regional food systems and urban agriculture to ensure a more equitable distribution of nutritious food, especially in food deserts. Laws facilitating these developments, such as zoning and local ordinances, will be needed. A second norm is transparency. This norm translated into consumer demand could create accountability in agriculture policy in tangible ways as the costs of certain production practices will be more readily apparent to consumers. Norms and consumer demand for authentic food products may unify specialty crop producers around technology and legal strategies to combat food fraud, especially in complicated world supply lines. The norms underlying the increasingly popular food sovereignty concept, including the drive to preserve local food cultures, may materialize into agriculture policy, especially for native American Indian tribes. Law will need to assess and arbitrate the complicated intersections between the United States and tribes<sup>14</sup>. Consumers may escalate their perceived stewardship for the environment via their choices in food products, which may shape agriculture policy in numerous ways, including the push for regenerative farming agriculture policies and looking for creative ways to incentivize reductions in food waste. Given the increasing recognition of how agriculture affects the environment, law in the twenty-first century may also discourage misleading eco-claims, as it has done with misleading labeling claims through the unique American legal tool of class-action litigation<sup>15</sup>. Law may play an important role in breaking up the concentration of agri-business in the United States and achieve the level playing field currently envisioned in the Biden administration. Finally, it may be that in the twenty-first century the right to food will be given constitutional status in the United States, as recently evidenced by the state of Maine who will be the first state to vote on a constitutional amendment that recognizes the right to food<sup>16</sup>. This constitutional right would provide that its citizens are

<sup>14</sup> See National Congress of American Indians, Tribal Food Sovereignty Advancement Initiative, <https://www.ncai.org/initiatives/partnerships-initiatives/food-sovereignty>.

<sup>15</sup> See generally, Perkins Coie, Food & Consumer Packaged Goods Litigation Year in Review 2020, <https://www.perkinscoie.com/en/news-insights/food-litigation-year-in-review-2020.html>.

<sup>16</sup> See H.P. 61 Res., *Amendment Proposing an Amendment to the Constitution of Maine to Establish*

empowered and entitled to adequate, accessible, and available food that is sustainably produced<sup>17</sup>. It is too early to predict whether this movement will have any effect on agriculture policy, but it certainly signifies even in small part that the legal relationship between food, people, and species will continue to be debated in the public sphere.

### B. *Technology and Innovation*

There is no question that technology and innovation, as they have long done in the past, will continue to shape agriculture policy in the twenty-first century. The profound impact of technology and innovation on food composition and agriculture policy is obvious, but they can also effect agriculture policy indirectly. Examples of indirect outcomes on agriculture policy from technology and innovation include cooking advances, preservation and processing, and the distribution of food. This pattern will likely continue in the twenty-first century, as for example, where stylized diets and advances in nutrition could align agriculture policy with public health goals. Law will help ensure that information about nutrition science related to specific food products and ingredients are accurately conveyed, especially to consumers.

### C. *Information and Data*

The power of agriculture in the twenty-first century will be fueled by information and data about climate change, markets, growing patterns, and consumer preferences. Information will be connected intricately with the application of artificial intelligence (AI). Much of this information and data is in the hands of producers, but all stakeholders up and down the food stream possess valuable information. Who owns, controls, and has access to this information and data will be up for grabs in the twentieth-first century. Law will have an important and critical role to play, including to protect intellectual property, to direct in private contracts ownership of information rights between producers and other information holders and information seekers, and to develop gov-

---

*a Right to Food*, H.P. 61, January 13, 2021, <https://legislature.maine.gov/legis/bills/getPDF.asp?paper=HP0061&item=1&snum=130#:~:text=33%20This%20constitutional%20resolution%20declares,bodily%20health%20and%20well%2Dbeing>.

<sup>17</sup> See *ibidem*.



ernance mechanisms that seek to democratize information and data access so that producers have equal access.

#### *D. Sharing and Best Practices*

Much of what will confront agriculture policy in the twenty-first century will involve responding to local, national, and global shocks – from pandemics to market interruptions – and will give rise to agriculture resilience policies and risk management. To avoid existential threats and shocks, and to manage complicated food supply lines, it may be that law will seek to facilitate cooperation and sharing of information, risks, and management of scarce resources. Laws in this space may not be legislative and could be in the form of mutual agreements, supply-line contracts, and public-private partnerships.

The sharing of information can also facilitate the development of global best practices in food laws that support agriculture policies. Much of the effort in comparative food law has been to achieve harmonization, especially in food safety. The availability of information and data combined with the risks that all stakeholders face in disruptions to supply chains may incentivize sharing between public and private stakeholders with the intent to go beyond harmonization and improve food regulatory regimes in all aspects to the betterment of the health of consumers and the planet<sup>18</sup>.

#### IV. CONCLUSION

Whatever the twenty-first century brings, one can be clear that food law and policy will have an important role to play. This role will be shaped by agriculture policy and in some cases could actually shape agriculture policy. Agriculture policy will also be affected by changing norms and consumer preferences. The dynamic in all of these moving parts will be fluid, especially as law takes on different forms in the public and private spheres.

<sup>18</sup> The UCLA Law School's Resnick Center for Food Law and Policy is engaged in international projects exploring the potential for sharing of information and best practices to improve both public policies and self-regulation.

YANGYAO YU<sup>1</sup>

## La politica agricola del XXI secolo in Cina

<sup>1</sup> Vicepresidente dell'Accademia di Shanghai per la sicurezza di alimenti e medicinali

All'interno del complessivo sistema di credito sociale, il Ministero dell'Agricoltura cinese sta elaborando un sistema normativo per incorporare il meccanismo del credito nei suoi regolamenti in riferimento agli agricoltori e ai commercianti di prodotti agricoli. Una piattaforma nazionale consente la trasparenza delle informazioni; un memorandum di 29 ministeri realizza un'applicazione condivisa della disciplina; e più città ove vengono sperimentati i nuovi regolamenti forniscono preziose esperienze e nuove idee.

La certificazione dei prodotti agricola è un'innovazione che è stata importata e che la Cina ha così tradotto all'interno del proprio sistema: "3 prodotti, 1 origine". Regole di certificazione verranno applicate agli alimenti non inquinati, agli alimenti vegetali (verdi) e agli alimenti biologici; e la certificazione dell'indicazione geografica è ciò che possiamo imparare dalle pratiche dell'Unione Europea. La Cina ha necessità di brand di elevata reputazione in campo agricolo, ciò richiede una rigorosa vigilanza sui prodotti certificati, attraverso il contributo di teams di test e valutazione gestiti da esperti di scienza e di legislazione in materia.

L'agricoltura ha conosciuto uno sviluppo non lineare negli oltre sette decenni dalla fondazione della Repubblica popolare cinese. L'adozione della riforma in agricoltura nel 1978 ha aperto un nuovo capitolo nella storia cinese. Sulla base di tale riforma e dell'apertura a essa connessa sono state formulate nuove politiche di regolazione per i prodotti agricoli nel 21° secolo. Questo lavoro esamina brevemente la riforma e lo sviluppo delle politiche agricole in Cina nel corso di oltre 40 anni.

L'attenzione al mercato costituisce la base delle attuali politiche agricole in Cina, compresa la riforma dei mercati interni e l'apertura dei prodotti agricoli. Entrata in una nuova fase di sviluppo agricolo dall'inizio del XXI secolo, la

Cina ha adeguato e migliorato le politiche agricole affrontando nuove sfide. Inoltre, nel contesto della revisione della Legge della Repubblica Popolare Cinese sulla qualità e sicurezza dei prodotti agricoli recentemente promulgata, questo articolo esamina le principali politiche di regolamentazione della Cina per i prodotti agroalimentari, che riguardano principalmente il sistema di valutazione del rischio, il sistema di monitoraggio, il sistema di tracciabilità e il sistema dei crediti di qualità e sicurezza dei prodotti agricoli.

# I. IL CONTESTO DELLE POLITICHE AGRICOLE IN CINA

La Cina ha intrapreso il percorso delle riforme con innovazioni nel sistema fondiario, e le riforme del mercato hanno preso avvio dall'agricoltura. Progressivamente, le riforme sono andate avanti dalle aree rurali alle città urbane, dall'agricoltura all'industria e al settore dei servizi.

Sul fronte dei prodotti, la riforma si è progressivamente orientata verso i prodotti agroalimentari di base di importanza strategica. Inizialmente soltanto verdura, frutta, prodotti acquatici e alcuni prodotti animali potevano essere scambiati nei mercati locali. Fu solo a metà degli anni '80 che le restrizioni geografiche al commercio furono gradualmente allentate quando i mercati rurali si svolgevano principalmente sotto forma di periodiche fiere locali. Successivamente, passo dopo passo, le riforme del mercato sono state estese ai cereali, ai principali prodotti zootecnici, alle colture da zucchero, ai semi oleosi, ai semi di soia, al cotone e ai tre principali componenti alimentari (riso, grano e mais), e sono state accelerate dai primi anni '90 in poi.

Per quanto riguarda i prodotti agricoli di base, come grano, cotone, semi oleosi e zucchero, la Cina ha avviato la riforma del mercato adottando un sistema a doppio binario. Il grano costituisce un esempio significativo, poiché è stato necessario molto tempo per realizzare la sua commercializzazione. Nel 1985, la Cina ha introdotto un sistema di approvvigionamento di grano a doppio binario dopo aver abolito il sistema di approvvigionamento unificato. Gli elementi principali della riforma erano: aumentare costantemente il prezzo negoziato dell'approvvigionamento di grano per promuovere lo sviluppo dei mercati del grano e aumentare il reddito degli agricoltori, riducendo gradualmente lo spazio assegnato all'intervento statale e aumentando gli acquisti privati. Di conseguenza, nel 1990, oltre il 30% del grano è stato scambiato privatamente, mentre il resto è stato commercializzato da imprese cerealicole statali. In prosieguo, poiché la produzione di grano ha continuato ad aumentare e ha superato i 500 milioni di tonnellate nel 1996, il prezzo ha iniziato a diminuire e le scorte nazionali sono aumentate vertiginosamente. Nel 1998,

per proteggere gli interessi degli agricoltori, il governo cinese ha lanciato una controversa riforma nel sistema di distribuzione del grano praticando le “Tre politiche”, compresa l’apertura all’acquisto di grano dai contadini a prezzi protettivi; la vendita di grano a un prezzo superiore al prezzo di acquisto per realizzare profitti; l’introduzione di un fondo di garanzia da utilizzare dalla Banca per lo sviluppo agricolo solo per l’acquisto di grano. Tuttavia, tre anni dopo, tali politiche iniziarono a essere progressivamente ridotte a causa delle difficoltà, e furono ufficialmente abbandonate nel 2004, mirando piuttosto al completamento della riforma del mercato del grano. Per altri prodotti agricoli, un mercato nazionale integrato era stato istituito molto prima, grazie a un processo di riforma più agevole e con meno interventi.

Sebbene l’apertura del mercato dei prodotti agricoli sia rimasta un po’ indietro rispetto alla generale riforma del mercato interno, la Cina ha intensificato l’apertura dell’agricoltura al mercato. Le caratteristiche dell’apertura del mercato per tali prodotti possono essere indicate principalmente in due elementi: riduzione delle condizioni di ingresso e dei permessi per il commercio di importazione ed esportazione, e riduzione dei dazi all’importazione. Con la riduzione del controllo delle importazioni e delle esportazioni da parte delle imprese statali, le tariffe sulle importazioni agricole sono state gradualmente ridotte. L’aliquota tariffaria media è scesa al 24% nel 1998, e al 21% nel 2001, dal 42% nel 1992, ed è stata ulteriormente ridotta all’11% a causa dell’adesione della Cina all’OMC nel 2001. Successivamente, la Cina ha annullato i sussidi all’esportazione dei prodotti agricoli.

L’apertura dell’agricoltura ha contribuito alla graduale integrazione dei mercati agricoli cinesi con i mercati internazionali. Nel periodo anteriore alla riforma del mercato, ad esempio fino agli anni ’90, il tasso di protezione nominale (ovvero la percentuale di divario tra i prezzi interni e internazionali per la stessa quantità) per molti prodotti agricoli era compreso tra il 30% e l’80%, o tra -60% e -20%. Tuttavia, con l’avanzamento delle riforme del mercato, all’inizio del XXI secolo (2002-2005), il mercato agricolo nazionale aveva ampiamente raggiunto il mercato internazionale e il divario dei prezzi non superava un massimo del 20%. Le riforme hanno inoltre avuto un impatto positivo sulla ristrutturazione della produzione agricola nazionale e del commercio. Ad esempio, da un lato, crescono le esportazioni di prodotti agricoli ad alta intensità di lavoro, mostrando un aumento delle esportazioni di lavoro della Cina; dall’altro, vengono importati dall’esterno più prodotti ad alta intensità di terra, il che equivale all’aumento delle importazioni di risorse idriche e del suolo, che scarseggiano.

## 2. SFIDE E POLITICHE IN UNA NUOVA ERA

Sebbene la Cina sia entrata in una nuova fase dello sviluppo agricolo dall'inizio del XXI secolo, alcuni problemi accumulati da tempo stanno diventando sempre più gravi. Tra le maggiori sfide che la Cina deve affrontare nello sviluppo agricolo sono: garantire il reddito degli agricoltori, la sicurezza alimentare (*food security*) e la sostenibilità agricola. In primo luogo, mentre gli agricoltori hanno visto crescere i loro redditi negli ultimi 40 anni, nella maggior parte dei casi i redditi dei residenti in città sono aumentati ancora più velocemente, portando a un aumento del divario di reddito. Nel 2003, il rapporto reddito urbano-rurale ha raggiunto per la prima volta un rapporto superiore a 3 ad 1, e ha continuato a crescere negli anni successivi. Come accelerare la crescita del reddito degli agricoltori e ridurre il divario rurale-urbano è diventata la priorità assoluta delle scelte di politica agricola del governo centrale dal 2004. In secondo luogo, dal 2004, la Cina si è trasformata da esportatore netto di cibo in importatore netto e la crescita delle sue importazioni è stata significativamente più veloce di quella delle esportazioni, con il tasso di autosufficienza alimentare sceso al 94,5% nel 2015. Ancora una volta, la sicurezza alimentare è diventata una grande preoccupazione per il governo e un'altra grande sfida per lo sviluppo dell'agricoltura dall'inizio del XXI secolo. In terzo luogo, negli ultimi decenni la Cina ha conseguito una continua e rapida crescita dell'agricoltura a scapito delle risorse ambientali. Molte aree agricole devono affrontare sfide importanti, come la riduzione delle acque sotterranee, il declino della fertilità del suolo, il peggioramento dell'inquinamento delle fonti agricole e l'aumento delle difficoltà ecologiche e ambientali. Dall'inizio del XXI secolo, la sostenibilità in agricoltura è diventata una domanda a cui è necessario rispondere.

In risposta a queste sfide, il governo centrale ha introdotto politiche e misure forti dal 2004 in poi. La preoccupazione del governo per lo sviluppo dell'agricoltura e delle aree rurali è ben espressa nel suo "Documento Centrale n. 1", che dal 2004 è stato riorientato sulle questioni relative all'agricoltura, alle aree rurali e agli agricoltori, con una serie di importanti politiche a beneficio dell'agricoltura e degli agricoltori. In termini di garanzia della sicurezza alimentare e di aumento del reddito degli agricoltori, le politiche più importanti rientrano nei seguenti quattro aspetti: (1) l'abolizione a livello nazionale delle tasse agricole nel 2004; (2) l'avvio di sussidi diretti all'agricoltura nel 2004, che da allora sono aumentati di anno in anno; (3) il lancio delle politiche di sostegno al mercato per i prodotti agricoli di base nel 2004, compresa la politica del prezzo minimo di acquisto per riso e grano nel 2004, politiche di acquisto temporaneo e stoccaggio per mais, soia e colza nel 2008, cotone e

zucchero nel 2011 e 2012 rispettivamente; (4) l'aumento degli investimenti finanziari del governo nell'agricoltura e nelle aree rurali dall'inizio del XXI secolo, in particolare nella costruzione di infrastrutture agricole e nel progresso della scienza e della tecnologia agraria.

Ci sono state molte controversie sull'effetto reale della politica di sostegno del mercato sui prodotti agricoli di base. Oltre ad aumentare il reddito degli agricoltori, la politica ha anche generato molti problemi, in particolare quelli strutturali dal lato dell'offerta, causati dalle politiche di acquisto temporaneo e stoccaggio del mais. In primo luogo, sebbene abbia incrementato la produzione di mais, l'espansione dell'area di coltivazione del mais ha ridotto la produzione di semi di soia e altri prodotti agricoli. In secondo luogo, c'è stata una grave inversione dei prezzi nazionali ed esteri del mais, con il divario di prezzo che ha raggiunto un picco di oltre il 40% entro il 2015, che ha influito notevolmente sulla produzione delle industrie a valle come l'allevamento di animali e l'industria di trasformazione del mais. In terzo luogo, le scorte di mais sono aumentate drasticamente, con scorte superiori alla produzione per l'anno alla fine del 2015. In quarto luogo, si è registrato un forte aumento delle importazioni di sostituti del mais (sorgo, orzo, manioca, ecc.), con il volume totale delle importazioni che ha raggiunto circa 40 milioni di tonnellate nel 2015. Allo stesso modo, anche le colture di grano, olio, cotone e zucchero hanno incontrato problemi simili in alcuni periodi.

Negli ultimi anni, il nuovo ciclo di riforme agricole ha ottenuto un iniziale successo. Per quanto riguarda gli aiuti all'agricoltura, dopo un periodo in cui l'importo totale è rimasto sostanzialmente invariato dal 2012 al 2014, il governo ha iniziato a ridurre quattro tipi di aiuti nel 2015, spostando parte della relativa spesa per ottimizzare i metodi di produzione e migliorare la produttività. Gli altri tre aiuti, a eccezione di quello per l'acquisto di macchine agricole, sono stati combinati in un aiuto unificato nel 2016. Per quanto riguarda le politiche del mercato agricolo, a partire dal 2014, il governo ha sostituito la politica di acquisto e stoccaggio temporaneo con la politica del prezzo base per la soia, che è stata a sua volta abbandonata nel 2017. Le politiche di stoccaggio temporaneo per la colza e lo zucchero sono state abolite rispettivamente nel 2014 e nel 2015. Nel caso del mais, nel 2016 il governo ha attuato una riforma del mercato per "svincolare i sussidi dai prezzi", che ha avuto un impatto immediato: i prezzi del mais sono crollati e la produzione è gradualmente diminuita, portando alla riduzione del divario di prezzo e alla riduzione delle importazioni di tutti i sostituti del mais.

Negli ultimi anni, il governo ha compiuto grandi sforzi per promuovere lo sviluppo sostenibile dell'agricoltura. In termini di risorse idriche, il gover-

no ha aumentato i fondi per la costruzione di strutture per la conservazione dell'acqua e ha promosso riforme dal lato della domanda attraverso una diversa politica delle tariffe e la costruzione di un mercato dell'acqua. In riferimento alle terre coltivabili, il governo ha praticato la strategia di "uso sostenibile dei terreni agricoli" e di protezione dei terreni agricoli, valorizzando le tecniche di lavorazione rispettose dell'ambiente. Per quanto riguarda la tecnologia agricola, il governo ha presentato la strategia di "applicazione innovativa della tecnologia in agricoltura" e ha aumentato la spesa per il progresso della scienza e della tecnologia in agricoltura. In termini di protezione ambientale, il governo ha portato innanzi il piano che prevede entro il 2020 una crescita zero nell'uso di fertilizzanti chimici e ha promosso il miglioramento ambientale e la conservazione ecologica nelle aree rurali. Certamente, queste politiche e misure svolgeranno un ruolo positivo nella promozione dello sviluppo sostenibile dell'agricoltura.

### 3. PRINCIPALI POLITICHE DI REGOLAZIONE DEI PRODOTTI AGRICOLI

La legge sulla qualità e la sicurezza dei prodotti agricoli (LQSAP) è la legge principale per i controlli sui prodotti agricoli e fornisce le basi per l'intero sistema dei controlli.

La revisione di tale legge è stata approvata dal Comitato permanente del Consiglio di Stato il 1 settembre 2021. Attualmente, le principali politiche di regolamentazione della Cina per i prodotti agricoli includono il sistema di valutazione del rischio, il sistema di supervisione, il sistema di tracciabilità e il sistema di credito dei prodotti agricoli per la qualità e la sicurezza.

#### 3.1. *Il sistema di valutazione dei rischi*

Come sistema di base introdotto dalla LQSAP, il sistema di valutazione del rischio per la qualità e la sicurezza dei prodotti agricoli è anche una pratica internazionale comune nella gestione della qualità e della sicurezza dei prodotti agricoli, ed è fondamentale per la supervisione scientifica, precisa e dell'intero processo della qualità e sicurezza dei prodotti agricoli. Dopo oltre 10 anni di sviluppo, partendo da zero, la Cina ha compiuto progressi positivi nell'intraprendere una valutazione della qualità dei prodotti agricoli e dei rischi per la sicurezza, costruendo i propri team e rafforzando le proprie capacità.

### 3.1.1. L'istituzione di strutture di valutazione del rischio

Nel 2007, la Cina ha istituito il 1° Comitato nazionale di esperti sulla valutazione dei rischi per la qualità e la sicurezza dei prodotti agricoli e ha iniziato a pianificare il lavoro di valutazione del rischio dal punto di vista della progettazione di alto livello e della consultazione accademica. L'anno 2012 ha visto la costituzione del 2° Comitato per far fronte alle effettive esigenze di lavoro. Dal 2011 sono stati progressivamente istituiti e accreditati 105 laboratori professionali e regionali di valutazione del rischio a livello ministeriale e 148 stazioni sperimentali. Attualmente, è stato avviato un sistema scientifico, efficiente, e coordinato, di gestione dei rischi con un disegno razionale, un'ordinata divisione del lavoro, al cui interno il ruolo di capofila è assegnato all'istituto nazionale di valutazione dei rischi per la qualità e la sicurezza. I laboratori a livello ministeriale costituiscono le principali strutture operative, e le stazioni sperimentali nelle principali aree di produzione intervengono quali organismi di supporto a tali attività. Man mano che il sistema migliora, anche il livello di preparazione di coloro che operano nei controlli per gli standard agroalimentari cresce rapidamente; fra le altre, 30 accademie provinciali di scienze agrarie hanno creato istituti di standard di qualità. Ci sono attualmente 45 diversi impieghi relativi alla sicurezza della qualità e alla valutazione della qualità della nutrizione nel moderno sistema tecnologico agricolo industriale.

### 3.1.2. Attività di valutazione dei rischi svolta con continuità

Dal 2011 al 2013, il Ministero dell'agricoltura e degli affari rurali (MARA) ha organizzato una mappatura per identificare potenziali problemi e pericoli dell'agroalimentare. Nel 2013, è stato avviato un progetto speciale sulla valutazione del rischio di qualità e sicurezza per i prodotti agroalimentari, rivolto a quelli con alti rischi potenziali, criticità, e preoccupazioni di ordine sociale. Gli obiettivi si sono concentrati principalmente sul "cesto di verdure" e sul "sacchetto di riso", coprendo 17 grandi aree (ortaggi, frutta, agrumi, tè, funghi commestibili, cereali e oleaginose, prodotti zootecnici e avicoli, latte crudo, prodotti acquatici, speciali agroalimentare, raccolta, stoccaggio e trasporto dei prodotti agricoli, fattori ambientali di qualità e sicurezza dei prodotti, fitoregolatori, microrganismi patogeni, valutazione nutrizionale, ecc.). In termini di processo di valutazione, è stata definita una procedura di lavoro, dalla ricerca in loco, campionamento e verifica, all'analisi dei risultati, alla consultazione e al giudizio, e alla preparazione dei rapporti. In base alle circostanze e alla realtà agricola della Cina, le attività di valutazione del rischio



possono essere svolte in una modalità di lavoro relativamente matura e stabile, invece di “toccare le pietre per attraversare il fiume” come avveniva in passato.

### 3.1.3. Risultati di alta qualità ottenuti progressivamente

Attraverso anni di lavoro di valutazione del rischio, il team di valutazione del rischio ha inizialmente mappato la situazione generale e il livello di rischio della qualità e della sicurezza dei prodotti agricoli in Cina. Una molteplicità di rischi e problemi salienti è stata identificata in modo tempestivo, fornendo un'importante documentazione a sostegno delle scelte amministrative. Sono stati formulati numerosi standard, protocolli e regolamenti, che forniscono una guida scientifica per la produzione agricola. Sono divenuti accessibili numerosi articoli scientifici, incrementando notevolmente la consapevolezza dei consumatori sulla sicurezza alimentare. Allo stesso tempo, le unità di valutazione del rischio hanno raccolto molti frutti della ricerca scientifica di alto livello, guidata dai progetti di valutazione del rischio. Ad esempio, durante una valutazione di *follow-up* della contaminazione da aflatossine nelle arachidi, il team di valutazione del rischio delle colture oleaginose ha individuato le sue varietà, modalità di distribuzione e cambiamenti dinamici. Questi studi hanno consentito di sviluppare anticorpi mirati e tecnologie di rilevamento altamente sensibili, hanno prodotto una serie di kit di rilevamento, e registrato numerosi brevetti di invenzione in patria e all'estero. Questi risultati di alta qualità, competitivi a livello internazionale, hanno notevolmente sostenuto la regolamentazione da parte del governo, lo sviluppo industriale, la sicurezza dei consumatori e la risposta alle emergenze, e hanno anche facilitato la crescita del team di ricerca stesso.

### 3.1.4. Un notevole miglioramento della qualità e sicurezza dei prodotti agricoli

Il lavoro di valutazione dei rischi per la qualità e la sicurezza tiene conto della “produzione” e della “gestione”, concentrando l'attenzione sulla possibilità, l'origine, la gravità e il controllo dei rischi. Questo approccio ha migliorato la qualità, il livello di sicurezza, e l'efficienza della filiera agroalimentare e agricola, in riferimento a ciascuna fase, a tutti gli elementi, e all'intera filiera considerata nella sua unitarietà.

Prendendo come esempio le esportazioni di tè, esiste un severo standard internazionale sulla quantità massima di pesticidi per determinati prodotti del tè. Attraverso la valutazione del rischio, il team ha presentato dati e rapporti

sui test scientifici sui residui, che hanno promosso l'adeguamento degli standard pertinenti da parte della Commissione del Codex Alimentarius, contribuendo alla crescita dell'industria del tè cinese.

### 3.2. *Il sistema di vigilanza*

Il monitoraggio del rischio per la sicurezza alimentare svolge un ruolo estremamente importante nel sistema globale di *governance* della sicurezza alimentare, in quanto mezzo importante per i governi per identificare potenziali problemi, rafforzare l'applicazione della legge e la supervisione, migliorare la prevenzione e il controllo dei rischi, proteggere la salute dei consumatori e promuovere lo sviluppo industriale. Dando esecuzione alla LQSAP, il governo ha istituito il sistema di monitoraggio della qualità degli alimenti, e i dipartimenti amministrativi agricoli dei governi a livello di contea o superiore hanno formulato e attuato piani di monitoraggio per garantire la qualità e la sicurezza dei prodotti agricoli locali. Dal 2001, la Cina ha effettuato il controllo di routine dei residui di pesticidi nelle verdure e del clenbuterolo cloridrato nei suini in cinque città pilota, tra cui Pechino, Tianjin, Shanghai, Shenzhen e Shouguang, e ha avviato il Piano d'azione per alimenti senza rischi. Dopo 20 anni di sviluppo, la Cina ha istituito un sistema di monitoraggio del rischio in cui il monitoraggio del prodotto è l'obiettivo principale, integrato dal monitoraggio dei fattori di produzione, con il monitoraggio ministeriale e provinciale come cardine, integrato dal monitoraggio della città e della contea. L'istituzione del sistema di monitoraggio del rischio agricolo cinese ha notevolmente contribuito a migliorare la qualità e la sicurezza dei prodotti agricoli e a proteggere i consumatori.

Durante il monitoraggio e l'ispezione regolari, per rendere i risultati più rigorosi sotto il profilo scientifico, obiettivi e accurati, e per utilizzare i risultati in modo più efficiente, sono stati adottati ed eseguiti sei sistemi innovativi di controllo: campionamento fuori sito, campionamento casuale, ripetizione delle prove e prove di efficienza, analisi e consultazione, segnalazione e notifica, e sanzione.

Per garantire un monitoraggio regolare più oggettivo e una minore interferenza possibile nel campionamento e nell'analisi, l'ispezione di campionamento fuori sito è stata praticata sin dal 2004. Tutti gli istituti di ispezione di qualità che svolgono compiti di monitoraggio regolari non sono coinvolti nelle ispezioni locali, ma eseguono test di campionamento casuale fuori sito, così da evitare interventi durante il processo lavorativo e garantire l'obiettività e l'imparzialità del lavoro di monitoraggio.

Il sistema di campionamento casuale è stato implementato per l'ispezione regolare nelle città campione, nei siti di produzione e nei mercati, per ottenere risultati più rappresentativi. Le città a livello di prefettura da monitorare ogni trimestre sono selezionate casualmente dal sistema di campionamento. L'agenzia di controllo della qualità che svolge compiti di monitoraggio regolari richiede un elenco di città da monitorare tre giorni prima dell'esecuzione dell'attività. All'arrivo in città, gli ispettori di campionamento ricevono dall'autorità agricola un elenco delle strutture di produzione e dei mercati all'interno di aree due volte più grandi della giurisdizione di tale autorità e selezionano casualmente i siti di monitoraggio.

Per migliorare la qualità del monitoraggio regolare e ottenere risultati più accurati, dal 2005 sono stati praticati un sistema di re-ispezione e un sistema di prove valutative, con la nomina di sette unità tecniche di re-ispezione e tre unità di prove valutative. Dopo il regolare lavoro di monitoraggio, l'unità tecnica esegue un'ispezione in loco e seleziona casualmente una certa percentuale di campioni da riesaminare per garantire l'accuratezza dei risultati. Ogni anno, le unità per i test di competenza organizzano tutte le unità incaricate del compito per unire e collegare la capacità di ispezione dei residui di pesticidi e medicinali veterinari e determinare se l'unità è qualificata per compiti di monitoraggio regolari nell'anno successivo sulla base dei risultati.

Dal 2009 è stato creato un sistema di consultazione regolare dei risultati del monitoraggio per rafforzare la ricerca e il giudizio sui dati, l'analisi della situazione e la condivisione delle informazioni sui risultati. Dopo il completamento del regolare lavoro di monitoraggio nei tre settori delle coltivazioni, dei prodotti zootecnici e avicoli, e dei prodotti acquatici, gli specialisti sono organizzati per esaminare l'affidabilità dei dati, la correttezza dei risultati e giudicare se i rapporti e i grafici rispettano gli standard e i parametri scientifici, e segnalano eventuali problemi gravi, rischi e pericoli nascosti in ogni settore. Il Centro di ricerca per gli standard di qualità dei prodotti agricoli del MARA ha invitato esperti tecnici e supervisori per condurre analisi e giudizi complessivi sui risultati del monitoraggio dei tre settori, analizzare in profondità i principali problemi riscontrati nel processo di monitoraggio, discutere le cause e il modello di variazione delle tendenze, e formulare un rapporto di analisi sui risultati di ogni trimestre, che offre un importante presupposto per determinare il fulcro della vigilanza sulla qualità e sicurezza dei prodotti agroalimentari e per seguire lo sviluppo agricolo complessivo del Paese.

Per i problemi di qualità e sicurezza e i potenziali pericoli rilevati attraverso il monitoraggio, i servizi agricoli nazionali informano tempestivamente i servizi competenti e i dipartimenti locali e sollecitano le autorità locali a rafforzare il controllo della qualità e sicurezza nell'agroalimentare e a rispettare rigo-

rosamente le normative sull'intervallo di preraccolta e il periodo di ritiro. Per regioni con problemi importanti, tramite l'invio di lettere di adempimento ai governatori provinciali e la circolazione di avvisi, i dipartimenti amministrativi agricoli locali sono invitati a rafforzare la vigilanza sulla sicurezza, indagare seriamente e affrontare le regioni e i prodotti con gravi problemi e controllare rigorosamente l'ingresso di prodotti agricoli scadenti nella catena di consumo per garantire la sicurezza del consumo dei prodotti agricoli.

Nello svolgimento del loro lavoro, le unità di monitoraggio informano tempestivamente i servizi agricoli locali delle informazioni sui campioni non qualificati ad alto rischio rilevati attraverso il monitoraggio. Le regioni interessate conducono immediatamente la supervisione e l'indagine a campione dei prodotti che presentano criticità, reprimendo l'utilizzazione di farmaci agricoli e veterinari vietati e altri atti illegali. Ai prodotti agricoli inferiori agli standard è impedito di entrare nella catena di consumo per garantire la sicurezza del consumo di prodotti agricoli.

### 3.3. *Il sistema di tracciabilità*

#### 3.3.1. Regolamenti e politiche adottati

Nel 2015 è stata modificata la legge sulla sicurezza alimentare della Repubblica popolare cinese. In conformità con tale disciplina, il governo ha istituito un sistema di tracciabilità della sicurezza dell'intero processo di produzione dei prodotti alimentari e la China Food and Drug Administration, in collaborazione con i dipartimenti agricoli del Consiglio di Stato e altri dipartimenti competenti, ha sviluppato un meccanismo di collaborazione per l'intero processo di tracciabilità degli alimenti. Nello stesso anno, l'Ufficio generale del Consiglio di Stato ha emesso un parere sull'accelerazione della costruzione di un sistema di tracciabilità per prodotti importanti. Il sistema pone al centro i principali soggetti responsabili e la gestione della tracciabilità, utilizzando i codici di tracciabilità come vettore per favorire la gestione della tracciabilità e l'accesso al mercato, realizzando così l'obiettivo di coprire l'intero percorso dei prodotti agro-alimentari dai campi alla tavola. Nel 2016, il Ministero dell'Agricoltura (MOA) ha emesso il Bando sull'accelerazione della costruzione del sistema di tracciabilità della qualità e della sicurezza per i prodotti agricoli, proponendo di rafforzare l'impianto e l'assetto generale, migliorare la regolazione, i sistemi e gli standard tecnici, stabilire una piattaforma informativa nazionale sulla gestione della tracciabilità della qualità e della sicurezza, e accelerare la costruzione di un sistema di tracciabilità della qualità e della

sicurezza per i prodotti agro-alimentari, unificato e autorevole, chiaramente definito, coordinato ed efficiente. Nel 2021, seguendo le indicazioni derivanti dalla revisione della LQSAP, sarà istituito un sistema di tracciabilità dell'intero processo della qualità e della sicurezza dei prodotti agricoli per garantire la tracciabilità obbligatoria per i prodotti agroalimentari ad alto rischio.

### 3.3.2. Standards

Insieme al lavoro di tracciamento della qualità e della sicurezza, sono stati introdotti specifici standard. A livello nazionale, sono state emanate normative, quali La Tracciabilità nella catena alimentare e dei mangimi – I Principi generali e i requisiti di base per la progettazione e l'implementazione del sistema – I Requisiti di gestione della tracciabilità per la logistica della catena del freddo alimentare, e sono stati adottati standard nazionali specifici per i requisiti di tracciabilità per prodotti agricoli commestibili, quali i prodotti acquatici, frutta e verdura, e tè. Per quanto riguarda gli standard industriali, il MOA, in collegamento con la costruzione del sistema di tracciabilità per la gestione della qualità e della sicurezza dei prodotti acquatici e agricoli, ha emanato le Regole generali per le procedure operative di tracciabilità di qualità e sicurezza per i prodotti agricoli e le procedure di tracciabilità per gli ortaggi, frutta, tè, carne animale, cereali e prodotti dell'acquacoltura. Considerando l'effettiva necessità di costruire un sistema di tracciabilità per la circolazione di carne e verdure, il Ministero del Commercio ha emanato le Regole di codifica del sistema di tracciamento per la circolazione di carne e verdure e la specifica terminologica del sistema di tracciamento della circolazione dei prodotti della medicina erboristica cinese. A livello locale, alcune province e comuni hanno anche introdotto standard locali per la tracciabilità, come la specifica tecnica dell'Hebei per la tracciabilità dell'origine per la qualità e la sicurezza della frutta, le regole di codifica per la tracciabilità alimentare di Pechino per i Giochi olimpici e le regole generali dell'Anhui per i requisiti di tracciabilità per i prodotti agricoli. Al fine di rafforzare la guida e il coordinamento della standardizzazione della tracciabilità dei prodotti maggiormente rilevanti, nel 2017, l'Amministrazione generale per la supervisione della qualità, l'ispezione e la quarantena, il Ministero del commercio e altri 10 dipartimenti hanno emesso congiuntamente i pareri guida sulla standardizzazione della tracciabilità dei principali prodotti, proponendo che entro il 2020 sia costruito un sistema di tracciabilità unificato per i principali prodotti, caratterizzato da sinergia reciproca, ampia copertura, focus chiaro e struttura razionale.

### 3.3.3. Sostegno dai dipartimenti

Il Ministero dell'Agricoltura ha istituito un sistema nazionale di tracciabilità della qualità nel settore delle coltivazioni, uno per l'identificazione degli animali e le malattie epidemiche, uno per la qualità e la gestione della sicurezza dei prodotti acquatici, e uno per la qualità e la sicurezza dei prodotti agricoli. Sulla base di ciò, nel 2016, il dipartimento ha lanciato ufficialmente la costruzione di una piattaforma informativa nazionale per la gestione della qualità e della tracciabilità dei prodotti agricoli; tale sistema presenta un elevato livello di apertura, interconnessione e condivisione delle informazioni. Inoltre, sono state emanate linee guida speciali, per garantire che il sistema di tracciabilità della sicurezza sia costruito in modo unificato. Fino ad oggi, il MOA ha sperimentato la piattaforma in Sichuan, Shandong e Guangdong. Dal 2010 il Ministero del Commercio ha sostenuto 58 città pilota per la costruzione di un sistema di tracciabilità per la circolazione di carne e verdure, e 18 province e comuni pilota per la circolazione di erbe medicinali cinesi; sistema che ha promosso attivamente la gestione digitale di carne, verdure e medicinali a base di erbe. Dal 2016, la Food and Drug Administration ha emesso pareri sul miglioramento del sistema di tracciabilità per la produzione e il funzionamento di alimenti e farmaci e l'annuncio sull'adozione di numerose disposizioni sull'istituzione del sistema di tracciabilità per la sicurezza alimentare da parte delle imprese di produzione e gestione alimentare per migliorare il sistema di tracciabilità.

### 3.3.4. Attuazione nelle aree locali

In risposta alle esigenze effettive di supervisione locale, province quali quelle di Pechino, Sichuan, Mongolia interna e Fujian hanno istituito un sistema locale di tracciabilità della qualità e della sicurezza dei prodotti agricoli. Inoltre, sono stati introdotti specifici modelli di tracciabilità, come il modello di gestione delle strutture nello Zhejiang e il modello di gestione dell'integrità a più livelli a Xiamen. Alcune province e comuni hanno anche introdotto misure di gestione speciali per il monitoraggio della qualità. Ad esempio, nel 2015, Shanghai ha emanato le misure per la gestione della tracciabilità delle informazioni sulla sicurezza alimentare, relative a 10 categorie di alimenti e prodotti agricoli commestibili come cereali, prodotti zootecnici e prodotti acquatici, al processo di produzione (comprendente la semina, la coltivazione e la lavorazione), alla circolazione (comprese vendita, stoccaggio e trasporto) e servizio di ristorazione nel territorio di questa città. Nel 2017, la provincia

del Fujian ha emanato le disposizioni per la tracciabilità delle informazioni sulla sicurezza alimentare, che stabilivano che il sistema di tracciabilità delle informazioni sulla sicurezza, caratterizzato da un codice per un prodotto, doveva essere applicato agli alimenti e ai prodotti agricoli commestibili in questa regione all'interno dell'intero percorso dai campi alla tavola.

#### 4. IL SISTEMA DEI CREDITI

##### 4.1. *Inquadramento del sistema di crediti*

Il sistema di crediti è la base per il rating del credito. Pertanto, è significativo migliorare i regolamenti e le linee guida di valutazione per costruire il sistema del credito di qualità e sicurezza per guidare il lavoro locale di rating. Il MARA ha costituito un gruppo leader per la costruzione del sistema di crediti di qualità e sicurezza dei prodotti agricoli e ha emanato la Guida per l'accelerazione della costruzione del sistema di crediti di qualità e sicurezza dei prodotti agricoli, che si concentra sull'agricoltura e sulla produzione e vendita di prodotti agricoli, per promuovere la costruzione del sistema del riconoscimento di credito, migliorare i registri delle informazioni, rafforzare le responsabilità di integrità delle imprese e delle industrie, e stabilire un meccanismo solido per il funzionamento del sistema di crediti. Inoltre, la comunicazione sulla creazione di documenti sui crediti per l'agricoltura e la produzione e il funzionamento di prodotti agricoli per sostenere le contee con prodotti agro-alimentari di alta qualità nell'iniziativa del riconoscimento di crediti per l'agricoltura e gli enti di produzione e vendita di prodotti agricoli. Il dipartimento ha redatto regolamenti, tra cui le Misure per la raccolta delle informazioni di crediti sulla qualità e la sicurezza dei prodotti agricoli, le misure per la gestione applicativa delle informazioni sui crediti per la qualità e sicurezza dei prodotti agricoli, e ha inizialmente stabilito il quadro istituzionale del sistema dei crediti di qualità e sicurezza dei prodotti agricoli.

##### 4.2. *Informazioni condivise sui crediti per la qualità e la sicurezza*

Promuovere in modo ordinato la raccolta di informazioni sui crediti è il punto di partenza del lavoro di valutazione. Al fine di accelerare il miglioramento della raccolta e della condivisione delle informazioni in materia di sicurezza agricola, il MARA ha aperto un canale sul proprio sito Web ufficiale per la qualità e la sicurezza dei prodotti agricoli e aggiorna regolarmente sulla piat-

taforma nazionale di condivisione le informazioni sui crediti quali licenze amministrative e sanzioni. A settembre 2020, 216.000 informazioni sui crediti riconosciuti sono state condivise con il pubblico. L'elenco degli inadempienti fornito dagli uffici competenti è integrato nei sistemi di lavoro dell'ufficio responsabile dell'approvazione amministrativa in agricoltura e della gestione dei progetti finanziari agricoli, in modo che le informazioni sui soggetti inadempienti possano essere automaticamente comparate, poste in rilievo, e sanzionate.

#### 4.3. *Sistema sanzionatorio inizialmente adottato*

Il problema della “difficoltà a punire” gli inadempienti è da tempo molto preoccupante per la società e fortemente censurato dai cittadini. Per questo sono state proposte misure sanzionatorie congiunte da vari ministeri e commissioni. In particolare, gli inadempienti saranno sanzionati sotto forma di restrizioni nella costituzione di istituti finanziari, nella partecipazione a eventi civili e commerciali, nel godimento di politiche preferenziali e nell'ottenimento di posizioni di rilievo. Il MARA, insieme a 29 ministeri e commissioni, tra cui la Commissione per lo sviluppo e la riforma, il Ministero dell'industria e delle tecnologie dell'informazione e il Ministero della pubblica sicurezza, hanno firmato il protocollo di cooperazione sulla punizione congiunta delle strutture di produzione e distribuzione gravemente disoneste e del relativo personale operante nel settore delle forniture agricole. Sono stati inoltre sottoscritti memorandum di disciplina congiunta per cooperare con gli istituti competenti in materia di individui e imprese inadempienti. Per affinare i provvedimenti disciplinari per comportamenti disonesti, il dipartimento ha redatto i Provvedimenti per la gestione degli enti di disciplina congiunta per gravi violazioni nelle forniture agricole, che hanno chiarito i principi di gestione delle black list, i criteri di individuazione, l'ambito di raccolta delle informazioni, i provvedimenti disciplinari congiunti, nonché le modalità di individuazione, pubblicazione, invio e cancellazione dalla black list.

#### 4.4. *Progressi compiuti nella sperimentazione del sistema di crediti*

Negli ultimi anni, un certo numero di città e contee, come Shanghai Pudong, Shaanxi Ankang, Shandong Feicheng e associazioni industriali come l'Associazione cinese per lo sviluppo e l'applicazione dei pesticidi hanno assunto un ruolo guida nella costruzione di un sistema di crediti per la qualità e la sicu-



rezza dei prodotti agricoli. Per essere precisi, il Comitato agricolo e rurale del distretto di Shanghai Pudong ha condotto una prova triennale con il sistema di crediti di qualità e sicurezza dei prodotti agricoli. Incoraggiando il credito, valutando il credito in modo scientifico e intelligente, aprendo le informazioni sul credito al pubblico e utilizzando appieno il credito, il comitato ha ottimizzato la modalità di supervisione della qualità e sicurezza dei prodotti agricoli e ha definito una zona agricola con i prodotti più sicuri e l'area con la più alta reputazione dei marchi agricoli. Inoltre, l'ufficio agricolo e rurale della città di Ankang nella provincia dello Shaanxi considera la qualità dei prodotti agricoli e del sistema di crediti di sicurezza come potente strumento per rafforzare il presidio innovativo della qualità e della sicurezza dei prodotti agricoli. Combinando big data e supervisione intelligente, ciò ha rafforzato la supervisione delle entità di produzione e gestione agricola. Sono stati inoltre istituiti una serie di sistemi come l'elenco "rosso, giallo e nero", i premi per la segnalazione dei reclami, l'elogio degno di fiducia e la sanzione degli illeciti per aumentare la consapevolezza dell'integrità e della responsabilità delle entità aziendali e delle industrie. Di conseguenza, il sistema di crediti per la qualità e la sicurezza dei prodotti agricoli è stato istituito a livello di città, contea e città. Affidandosi completamente alla piattaforma di supervisione intelligente, alla piattaforma di informazioni sui file di credito e alla piattaforma di servizi di credito per l'inclusione finanziaria, l'Ufficio agricolo e rurale della contea di Xiangshan nella provincia di Zhejiang ha infranto le barriere di comunicazione fra i diversi dati, migliorato la gestione dei crediti e i meccanismi di sanzione congiunti, e si è formato gradualmente un modello di supervisione del credito caratterizzato da copertura tematica, valutazione scientifica, supervisione dinamica e incentivo più sanzione.

#### RIASSUNTO

Da molti anni le politiche agricole hanno un ruolo centrale all'interno delle scelte del Partito Comunista Cinese. Mantenere in coltivazione almeno 300 milioni di acri di terra (un acro corrisponde a circa 4.046 mq.) è una linea rossa che i governi locali non possono oltrepassare per alcuna ragione, anche se la popolazione è in declino.

La riforma orientata al mercato è la sfida maggiore per il passaggio dal precedente sistema di pianificazione risalente a uno moderno orientato al mercato. Il governo statale si impegna a fondo per collocare in un mercato nazionale uniforme i mercati locali, tra loro segmentati, e favorisce il commercio internazionale per mantenere gli impegni assunti quale protagonista della WTO. Nella nuova era, le nuove politiche mirano a proteggere il reddito degli agricoltori, la sicurezza alimentare (*food security*) e la sostenibilità delle attività agricole.

All'interno di questa prospettiva è necessario un sistema di gestione del rischio ben definito, finalizzato a garantire la sicurezza e la qualità dei prodotti agricoli, che ha necessità di strutture di controllo competenti e cooperative, monitoraggio e valutazione continui, contributi scientifici di elevato livello, e di un miglioramento visibile della sicurezza e della gestione della qualità.

La Cina sta sperimentando un efficace sistema di monitoraggio sulla sicurezza agricola (*agricultural safety*) e le agenzie governative a livello provinciale hanno un ruolo primario nel monitoraggio dei prodotti e dei potenziali pericoli. Uno dei principali obiettivi è quello di ottenere dati affidabili, e i governi locali utilizzano controlli interprovinciali, ispezioni casuali, sistemi di ricontrollo, analisi di panel, rapporti e misure sanzionatorie per garantire la sicurezza alimentare e dati accurati.

Un impegno per la sicurezza dai campi alla tavola richiede un sistema di tracciabilità avanzato e il prodotto agricolo costituisce una priorità centrale in questo sistema. L'obiettivo è quello di creare una piattaforma nazionale, sviluppare standard, abilitare tecnologie e raggiungere un consenso sul suo valore. Sono stati elaborati molti standard, che riguardano alimenti della catena del freddo, frutti di mare, frutta, foglie di tè, carne, pollame, cereali ecc. Alcuni di questi standard sono cogenti, ivi inclusi i parametri di sicurezza (*safety*), ma altri riguardano la qualità, la classificazione o la comunicazione nel mercato.

Il Ministero dell'Agricoltura cinese sta lavorando con l'AMR/FDA statale per il miglioramento del quadro di riferimento disciplinare ed istituzionale e, allo stesso tempo, incoraggia i governi provinciali ad introdurre regole locali, considerata la diversità di culture, economia e tecnologia.

#### RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

- [1] ZHU YING, DENG YU, LIU HAIHUA, CHEN SONG (2021-09-13): *Discussion on Several Revision Problems on «Agricultural Product Quality Security Law»* [J/OL], «Food and Nutrition in China», 1-6. <https://doi.org/10.19870/j.cnki.11-3716/ts.20210906.001>
- [2] XIAO FANG (2020): *General ideas and key tasks of accelerating the construction of credit system for agro-products quality and safety* [J], «Quality and Safety of Agro-Products», 05, pp. 3-6.
- [3] HUANG XIUZHU (2020): *The priorities and directions of the agro-products quality and safety risk assessment* [J], «Quality and Safety of Agro-Products», 06, pp. 3-6.
- [4] HUANG JIKUN (2018): *Forty years of China's agricultural development and reform and the way forward in the future* [J], «Journal of Agrotechnical Economics», 03, pp. 4-15.
- [5] YANG LING, ZHANG MENGFEI, GUO ZHENG (2018): *Reflection on the development of agro-product traceability system* [J], «Quality and Safety of Agro-Products», 02, pp. 45-48.
- [6] XIONG JIALIANG, HUANG XUANYUN (2021): *The development process, current status and future prospects for routine monitoring programme of agro-products quality and safety of China* [J], «Quality and Safety of Agro-Products», 04, pp. 5-10+17.

YANGYAO YU<sup>1</sup>

## Agricultural Policy of XXI Century in China

<sup>1</sup> Vice Chairman, Shanghai Food and Drug Safety Academy

As a part of the social credit system, China Ministry of Agriculture is framing a regulatory system to incorporate credit mechanism into its regulations to restrain farmers and traders. A nationwide platforms enables information transparency; a 29-ministry memo realizes a joint law enforcement; and multiple trial cities provide valuable experiences and new ideas.

Agricultural certification is an imported invention and China refines it into a “3 product, 1 origin” system. Different certification rules will be applied to pollution-free food, green food and organic food; and the geographical indication certification is what we can learn from EU practices. China needs reputable brands in agricultural field and it requires a strict post supervision on certificated products. A bridle-wise testing and evaluation team with science and regulatory professionals is in dire need.

Agriculture has undergone a tortuous development during the past more than seven decades since the founding of the People's Republic of China. The adoption of reform and opening up in 1978 started a new chapter in the Chinese history. And it is based on the agricultural reform and opening up that agricultural policies and regulatory policies for agricultural products in the 21st century have been put forward. This paper briefly reviews the reform and development of agricultural policies in China over more than 40 years. The market-based reform of agricultural products is the backdrop of China's agricultural policies, including the reform of domestic markets and the opening up of agro-products. Having entered a new phase of agricultural development since the beginning of the 21st century, China has been adjusting and improving agricultural policies facing with new challenges. Besides, in the context of the recently promulgated Revision of the Law of the People's Republic of China on the Quality and Safety of Agricultural Products, this ar-

ticle intends to introduce China's main regulatory policies for agro-products, mainly covering the risk assessment system, the monitoring system, the traceability system and the credit system of agricultural product quality and safety.

# I. BACKGROUND OF CHINA'S AGRICULTURAL POLICIES

As China embarked on the course of reforms with innovations in the rural land system, market reforms started in agriculture. Progressively, reforms moved forward from rural areas to urban cities, from agriculture to industry and service sector.

In terms of the variety, starting with agricultural and sideline food, the reform gradually pushed towards the staple agro-products with strategic importance. Initially, only vegetables, fruits, aquatic products and some livestock products were allowed to be traded in local markets. It was not until the mid-1980s that the geographical restrictions on market trading were gradually relaxed when rural markets were mainly in the form of periodic local fairs. Later on, step by step, market reforms were pushed to coarse grains, major livestock products, sugar crops, oilseeds, soybeans, cotton and the three major staples (rice, wheat and corn), and accelerated from the early 1990s onwards.

As to staple agro-products such as grain, cotton, oilseed and sugar, China started the market reform by adopting a dual-track system. Grain is a suitable example here, as it took quite a long time to realize its marketisation. In 1985, China practiced a dual-track system of grain procurement after abolishing the unified procurement system. The main elements of the reform were: to constantly lift the negotiated price of grain procurement to promote the development of grain markets and increase farmers' income, while gradually reducing the state order and increasing the negotiated purchase. Consequently, in 1990, over 30% of grain was traded privately, with the rest by semi-commercial state-owned grain enterprises. That being said, as grain production continued to rise and exceeded 500 million tons in 1996, the price began to decline and national stocks soared. In 1998, to protect farmers' interests, the Chinese government launched a controversial reform in the grain distribution system by practicing "the Three policies", including opening up grain purchase from farmers at protective prices; selling grain at a price higher than the purchasing price to make profits; ensuring a fund to be used by the Agricultural Development Bank only for grain purchasing. However, three years later, the policies began to be relaxed due to difficulties, and were officially discarded in 2004, indicating the completion of the market reform of grain. For other agricultur-

al products, an integrated national market had been established much earlier thanks to the smoother reform process with less intervention.

Although the opening up of agricultural products somewhat lagged behind the reform of the domestic market, China stepped up in opening up of agriculture. The opening up of agro-products could mainly be reflected in the following two aspects: relaxation of entry conditions and permits for import and export trade, and reduction of import tariffs. With the loosening control of imports and exports by state-owned enterprises, tariffs on agricultural imports were gradually reduced. The average tariff rate dropped to 24% in 1998 and 21% in 2001 from 42% in 1992, which was further reduced to 11% owing to China's accession to WTO in 2001. After that, China cancelled export subsidies on agricultural products.

The opening-up of agriculture has contributed to the gradual integration of China's agricultural markets with international markets. In the pre-market-reform period, for example until the 1990s, the nominal protection rate (i.e. the percentage of gap between domestic and international prices for the same quantity) for many agricultural products was either 30% to 80% or -60% to -20%. However, with the advancement of market reforms, by the beginning of 21st century (2002-2005), the domestic agricultural market had largely caught up with the international market and the price gap did not exceed a maximum of 20%. Besides, the reforms had a positive impact on the restructuring of domestic agricultural production and trade. For example, on the one hand, there are growing exports of labor-intensive agricultural products, showing an increase in China's exports of labor; on the other hand, more land-intensive products are imported from outside, which equals the increase in imports of water and soil resources, which are in short supply.

## 2. CHALLENGES AND POLICIES IN A NEW ERA

Although China has entered a new stage in agricultural development since the beginning of the 21st century, some long-accumulated problems are becoming increasingly serious. Among them, the biggest challenges China is faced with in agricultural development are to ensure farmers' income, food security and agricultural sustainability. Firstly, while farmers have seen their incomes grow over the past 40 years, in most times, urban residents' incomes increase even faster, leading to the widening income gap. By 2003, the urban-rural income ratio reached above 3:1 for the first time, and continued to rise in the ensuing years. How to accelerate farmers' income growth and narrow the rural-urban divide has become the top priority of the central government's rural

work since 2004. Secondly, since 2004, China has transformed itself from a net exporter of food into a net importer and its growth of imports was significantly faster than that of exports, with the food self-sufficiency rate falling to 94.5% in 2015. Once again, food security has become a great concern for the government, and another big challenge for agricultural development since the beginning of the 21st century. Thirdly, China has achieved continued rapid growth of agriculture over the past decades at the expense of environmental resources. Many agricultural areas are faced with many challenges such as shrinking groundwater, declining soil fertility, worsening agricultural source pollution, and mounting ecological and environmental pressures. Since the beginning of the 21st century, agricultural sustainability has become a question that must be answered.

In response, the Central Government introduced strong policies and measures from 2004 onwards. The Government's concern for the development of agriculture and rural areas is best reflected in its "No 1 central document", which has been refocused on the issues relating to agriculture, rural areas, and farmers since 2004, with a series of major policies to benefit agriculture and farmers. In terms of ensuring food security and increasing farmers' incomes, the most important policies fall into the following four aspects: (1) the nationwide abolition of agricultural taxes in 2004; (2) the launch of direct agricultural subsidies in 2004, which has been increasing year by year thereafter; (3) the launch of the market-support policies for staple agricultural products in 2004, including the minimum purchase price policy for rice and wheat in 2004, temporary purchase and storage policies for corn, soybeans and rapeseed in 2008, cotton and sugar in 2011 and 2012 respectively; (4) the government's increased financial investment in agriculture and rural areas since the beginning of the 21st century, especially in agricultural infrastructure construction and agricultural science and technology advancement.

There has been much controversy over the actual effect of the market-supporting policy on staple agro-products. While raising farmers' income, the policy has also generated many problems, especially the supply-side structural ones caused by the temporary purchase and storage policies for corn. Firstly, although it boosted corn production, the expansion of corn area reduced the production of soybeans and other agro-products. Second, there was a serious inversion of domestic and foreign prices of corn, with the price gap reaching a peak of over 40% by 2015, which greatly affected the production of downstream industries such as the animal husbandry and corn processing industry. Third, stockpile of corn increased dramatically, with stocks exceeding production for the year at the end of 2015. Fourth, there was a sharp increase in the import of corn substitutes (sorghum, barley, cassava, etc.), with the total

import volume reaching around 40 million tons in 2015. Likewise, grain, oil, cotton and sugar crops also encountered similar problems in some period in the past.

In recent years, initial success was achieved in the new round of agricultural reforms. In regard to agricultural subsidies, after a period when the total amount remained largely unchanged from 2012 to 2014, the government began to reduce four types of subsidies in 2015, shifting some of its subsidy spending to optimize production methods and improve productivity. The other three subsidies except for the one for purchasing agricultural machinery were combined into a comprehensive support subsidy in 2016. With respect to agricultural market policies, starting in 2014, the government substituted the temporary purchase and storage policy with the base price policy for soybeans, which was also discarded in 2017. The temporary storage policies for rapeseed and sugar were abolished in 2014 and 2015 respectively. In the case of corn, the government implemented a market reform of “delinking subsidies from prices” in 2016, which had an immediate impact: prices of corn plummeted and production gradually decreased, leading to the narrowing price gap and shrinking imports of all corn substitutes.

In recent years, the government has made great efforts to promote the sustainable development of agriculture. In terms of water resources, the government has increased funds for constructing water conservancy facilities and promoted demand-side reforms in water pricing and water market construction. In view of arable land resources, the government has practiced the strategy of “sustainable farmland use” and the farmland protection system, and emphasized conservation tillage. As for agricultural technology, the government has put forward the strategy of “innovative application of agricultural technology”, and increased spending on advancement of agricultural science and technology. In terms of environmental protection, the government has carried out the zero-growth plan for chemical fertilizer application by 2020, and promoted environmental improvement and ecological conservation in rural areas. Certainly, these policies and measures will play a positive part in promoting the sustainable development of agriculture.

### 3. MAJOR REGULATORY POLICIES ON AGRO-PRODUCTS

As the main law for agricultural supervision, the Law on the Quality and Safety of Agricultural Products (LQSAP) provides a foundation for the basic oversight system of agricultural products. The revision of LQSAP was approved by the Standing Committee of the State Council on September 1st, 2021.



Currently, China's main regulatory policies for agricultural products include the risk assessment system, the supervision system, the traceability system, and the credit system of agricultural products quality and safety.

### 3.1. *The Risk Assessment System*

As a basic legal system launched by LQSAP, the risk assessment system of agricultural product quality and safety is also a common international practice in quality and safety management of agro-products, and is critical to scientific, precise and whole-process supervision of agricultural product quality and safety. After more than 10 years of development, starting from scratch, China has made positive progress in undertaking agricultural product quality and safety risk appraisal, building its teams, and strengthening its capacities.

#### 3.1.1. Risk assessment teams basically established

In 2007, China set up the 1st National Expert Committee on Quality and Safety Risk Assessment of Agricultural Products, and began to plan risk assessment work from the perspective of top design and academic consultation. The year 2012 saw the establishment of the 2nd Committee to meet actual work demands. Since 2011, 105 professional and regional laboratories of risk assessment at ministerial level and 148 experimental stations have gradually been established and accredited. At present, a scientific, efficient and coordinated system of risk management with a rational layout, orderly division of labor, has been initially formed, with the national institution of quality and safety risk assessment playing the leading role, ministerial-level laboratories as the main body and experimental stations in major production areas as the support. As the system further improves, the talent team in institutes for agri-food standards and testing technology has also grown rapidly, among which 30 provincial academies of agricultural sciences have set up quality standard institutes. There are now 45 different jobs relating to quality safety and nutrition quality assessment in the modern agricultural industrial technology system.

#### 3.1.2. Risk assessment works continuously carried out

From 2011 to 2013, Ministry of Agriculture and Rural Affairs (MARA) organized a mapping exercise to identify potential problems and hazards of agri-food.



In 2013, it started a special project on quality and safety risk assessment for agro-products, targeting those with high potential risks, problems and social concerns. The targets were mainly focused on the “vegetable basket” and “rice bag”, covering 17 major areas (vegetables, fruits, citrus, tea, edible mushrooms, grain and oil crops, livestock and poultry products, raw milk, aquatic products, special agro-food, the harvest, storage and transport of agricultural products, environmental factors of product quality and safety, plant growth regulators, pathogenic microorganisms, nutrition evaluation, etc.). In terms of the assessment process, a working procedure of has been established, from on-site research, sampling and verification, to result analysis, consultation and judgment, and report preparation. Based on China’s circumstances and agricultural reality, risk assessment tasks can be conducted under a relatively mature and stable working mode, instead of by “touching the stones to cross the river” like before.

### 3.1.3. High-quality fruits harvested progressively

Through years of risk assessment work, the risk assessment team has initially mapped out the overall situation and risk level of the quality and safety of agro-products in China. A plethora of risk hazards and salient problems have been identified in a timely manner, providing strong support for government supervision. Many standards, protocols and regulations have been formulated, providing scientific guidance for agricultural production. More scientific article become accessible, which has greatly raised consumers’ awareness of food safety. At the same time, the risk assessment units harvested a lot of high-quality scientific research fruits, driven by the risk assessment projects. For example, when conducting a follow-up assessment of aflatoxin contamination in peanuts, the oil crops risk assessment team figured out its varieties, distribution mode and dynamic changes. They developed targeted antibodies and highly sensitive detection technologies, produced a series of detection kits and held many invention patents home and abroad. These high-quality, internationally competitive results have greatly supported the government regulation, industrial development, consumers’ safety and emergency response, and also facilitated the growth of the research team itself.

### 3.1.4. Quality and safety of agro-products greatly improved

The work of quality and safety risk assessment takes “production” and “management” into account, focusing on the possibility, origin, seriousness and

control of the risks. From the perspective of all links, all elements and the whole industrial chain, it has improved the quality and safety level of agro-food and agricultural quality and efficiency. Taking tea exports as an example, there is a demanding international standard of maximum amount of pesticides for certain tea product. Through risk assessment, the team presented scientific residue test data and reports, which promoted the adjustment of the relevant standards by the Codex Alimentarius Commission, contributing to the growth of China's tea industry.

### 3.2. *The Supervision System*

Food safety risk monitoring plays an extremely important role in the global food safety governance system, as an important means for governments to identify potential problems, strengthen law enforcement and oversight, enhance risk prevention and control, protect consumers' health and promote industrial development. According to the LQSAP, the government has established the food quality monitoring system, and agricultural administrative departments of the governments at or above the county level have formulated and implemented monitoring plans to ensure the quality and safety of local agricultural products. Since 2001, China has carried out routine monitoring of pesticide residues in vegetables and clenbuterol hydrochloride in pigs in five pilot cities, including Beijing, Tianjin, Shanghai, Shenzhen and Shouguang, and initiated the Hazard-free Food Action Plan. After 20 years of development, China has established a risk monitoring system in which product monitoring is the main focus, supplemented by factor monitoring, with ministerial and provincial monitoring as the mainstay, supplemented by city and county monitoring. The establishment of China's agricultural risk monitoring system has greatly helped to improve the quality and safety of agricultural products and protect consumers.

During the regular monitoring and inspection, to make results more scientific, objective and accurate, and use the results more efficiently, six innovative systems have been established and executed: off-site sampling, random sampling, retesting and proficiency testing, analysis and consultation, reporting and notification, and punishment.

To ensure more objective regular monitoring and less possible interference in the sampling and testing, off-site sampling inspection has been practiced since 2004. All quality inspection institutes undertaking regular monitoring tasks do not involve in local inspection but carry out off-site random sam-

pling test, which effectively avoids possible intervention during the working process and ensures the objectivity and impartiality of the monitoring work.

The random sampling system was implemented for regular inspection in monitoring cities, production bases and markets to obtain more representative results. The prefecture-level cities to be monitored each quarter are randomly selected by the sampling system. The quality inspection agency undertaking regular monitoring tasks applies for a list of cities to be monitored three days before the task is carried out. Upon arrival at the city, the sampling inspectors receive a list of production bases and markets within the areas two times larger than its jurisdiction from the agricultural authority, and randomly select monitoring sites from it.

To improve the quality of regular monitoring and get more accurate results, a re-inspection system and a proficiency testing system have been practiced since 2005, with seven re-inspection technical units and three proficiency testing units appointed. After the regular monitoring work, the technical unit carries out on-site inspection and randomly selects a certain proportion of samples for re-examination to ensure the accuracy of the results. Each year, the proficiency testing units organize all task-bearing units to join inspection capability verifications of pesticide and veterinary medicine residue, and determine whether the unit is qualified for regular monitoring tasks in the following year based on the results.

Since 2009, a regular monitoring results consultation system has been built up to strengthen data research and judgment, situation analysis and information sharing of the results. After the completion of regular monitoring work in the three sectors of plantation, livestock and poultry products and aquatic products, specialists are organized to examine the reliability of the data, the correctness of the results, and make judgment whether the reports and charts are standard and scientific, and point out serious problems, risks and hidden dangers in each sector. The Research Centre for Agricultural Products Quality Standards of the MARA invited technical experts and supervisors to conduct comprehensive analysis and judgment on the monitoring results of the three sectors, analyze in depth the major problems found in the monitoring process, discuss the causes and the pattern of variation in trends, and formulate an analysis report on the results of each quarter, which offers a major prerequisite for determining the focus of quality and safety supervision of agro-products and grasping the overall agricultural development of the country.

For quality and safety problems and potential dangers detected through monitoring, national agricultural departments promptly inform the relevant departments and local departments and urge localities to strengthen quality and safety oversight over agro-food and strictly abide by the regulations

on preharvest interval and withdrawal period. For regions with prominent problems, by way of sending compliant letters to provincial governors and notice circulations, local agricultural administrative departments are urged to strengthen safety supervision, seriously investigate and tackle the regions and products with serious problems, and strictly control the entry of substandard agricultural products into the consumption chain to guarantee the safety of agricultural product consumption.

In carrying out their work, regular monitoring units promptly inform local agricultural departments of information on high-risk unqualified samples found through monitoring. The regions concerned immediately conduct supervision and sample survey of problematic products, crack down on the application of prohibited agricultural and veterinary drugs and other illegal acts. Substandard agricultural products are prevented from entering the consumption chain to ensure the safety of agricultural product consumption.

### 3.3. *The Traceability System*

#### 3.3.1. Regulations and policies enacted

In 2015, the Food Safety Law of the People's Republic of China was amended. In accordance with it, the government established a whole-process safety traceability system for food, and the China Food and Drug Administration, in conjunction with the agricultural departments under the State Council and other relevant departments, developed a collaborative mechanism for the whole-process safety tracing of food. In the same year, the General Office of the State Council issued Opinion on Accelerating the Construction of a Tracing System for Important Products. The system takes the primary responsible entities and traceable management at its core, using traceability codes as a carrier to promote traceability management and market access, thereby realizing the goal of covering the entire journey of agro-products from farm to table. In 2016, the Ministry of Agriculture (MOA) issued the Announcement of the Ministry of Agriculture on Accelerating the Construction of Quality and Safety Tracing System for Agricultural Products, proposing to strengthen top design and overall arrangement, improve regulations, systems and technical standards, establish a national information platform of quality and safety traceability management, and accelerate the construction of a quality and safety traceability system for agro-products, which is unified and authoritative, clearly defined, coordinated and efficient. In 2021, under the guidance of the Revision of LQSAP, a whole-process tracking system of the agricultural

products quality and safety will be established to guarantee mandatory traceability for high-risk agro-products.

### 3.3.2. Standards formulated

Along with the quality and safety tracing work, relevant standards have been formulated. At the national level, regulations such as Traceability in the Feed and Food Chain — General Principles and Basic Requirements for System Design and Implementation and Tracing Management Requirements for Food Cold Chain Logistics have been promulgated, and corresponding national standards have been issued specifically for traceability requirements for edible agricultural products such as aquatic products, fruits and vegetables, and tea. As for industrial standards, the MOA, in conjunction with the construction of the tracing system for quality and safety management of aquatic and agricultural products, has issued the General Rules for Quality and Safety Traceability Operation Procedures for Agricultural Products and the tracing procedures for vegetables, fruits, tea, animal meat, grains and aquaculture products. Considering the actual need of building a traceability system for meat and vegetable circulation, the Ministry of Commerce has issued the Coding Rules of the Tracing System for Meat and Vegetable Circulation, and Chinese Herbal Medicine Circulation Tracing System Terminology Specification. At the local level, some provinces and municipalities have also introduced local standards for traceability, such as Hebei's Technical Specification for Origin Traceability for Fruit Quality and Safety, Beijing's Food Traceability Coding Rules for the Olympic Games, and Anhui's General Rules for Traceability Requirements for Agricultural Products. In order to strengthen the guidance and coordination of the standardization of traceability of important products, in 2017, the General Administration of Quality Supervision, Inspection and Quarantine, the Ministry of Commerce and other 10 departments jointly issued the Guiding Opinions on Standardizing Major Product Traceability, proposing that by 2020, a unified traceability system for major products should be basically built, featuring mutual synergy, wide coverage, clear focus and reasonable structure.

### 3.3.3. Supports from departments

The Ministry of Agriculture has established the national quality traceability system in the planting industry, one for animal identification and epidemic

diseases, one for aquatic product quality and safety management, and one for agricultural product quality and safety. Based on that, in 2016, the department officially launched the construction of national information platform for agricultural product quality and safety tracing management which features high level of openness, interconnectivity and shared information. Also, special guidance has been issued to ensure that the safety traceability system was built in a unified manner. Up to date, the MOA has been experimenting with the platform in Sichuan, Shandong and Guangdong. Since 2010, the Ministry of Commerce has supported 58 pilot cities on the construction of a traceability system for the circulation of meat and vegetables, and 18 pilot provinces and municipalities for the circulation of Chinese herbal medicines, which has actively promoted the digital management of meat, vegetables and herbal medicines. Since 2016, the State Food and Drug Administration has issued the Opinions on Improving the Traceability System for Food and Drug Production and Operation and the Announcement on Issuing the Several Provisions on the Establishment of the Food Safety Traceability System by Food Production and Operation Enterprises to improve the traceability system.

#### 3.3.4. Implementation in local areas

In response to the actual needs of local supervision, provinces, like Beijing, Sichuan, Inner Mongolia and Fujian, have all established local quality and safety traceability system of agro-products. Besides, distinctive traceability models have been formed, such as the entity management model in Zhejiang, and the graded and integrity management model in Xiamen. Some provinces and municipalities have also introduced special management measures for quality tracking. For instance, in 2015, Shanghai promulgated the Measures for Food Safety Information Tracing Management, which kept track of information of 10 categories of food and edible agricultural products like grain, livestock products and aquatic products, production process (containing planting, farming and processing), circulation (including sales, storage and transport) and catering service link in this city administrative. In 2017, Fujian Province issued the Measures for Food Safety Information Traceability, which stipulated that the safety information traceability system featuring one code for one product, shall be applied for food and edible agricultural products in this region within the entire process from farm to table.

#### 4. THE CREDIT SYSTEM

##### 4.1. *Framework of the credit system initially formed*

The credit system is the foundation for credit rating work. Hence, it is significant to improve the regulations and evaluation guidelines for building the quality and safety credit system to guide local credit rating work. The MARA has set up a leading group for the construction of the credit system of agricultural product quality and safety, and issued the Guidance on Accelerating the Construction of Credit System of Agricultural Product Quality and Safety, which focuses on agriculture and agricultural product production and sales to promote the construction of the credit system in depth, improve credit information records, strengthen the integrity responsibilities of enterprises and industries, and establish a sound mechanism for the operation of the credit system. Also, the Notice on the Establishment of Credit Files of Agriculture and Agricultural Products Production and Operation were issued to promote those counties with high-quality agro-products to take the lead in establishing credit files of agriculture and agricultural products production and sales entities. The department drafted regulations, including the Measures for Credit Information Collection of Agricultural Products Quality and Safety, Measures for Application Management of Agricultural Products Quality and Safety Credit Information, and Measures for Agricultural Products Quality and Safety Credit Management, and initially established the institutional framework of the agricultural products quality and safety credit system.

##### 4.2. *Quality and safety credit information shared*

Promoting credit information collection in an orderly manner is the starting point of credit rating work. In order to accelerate the improvement of credit information collection and sharing in agricultural safety, the MARA has opened a credit channel on its official website for agricultural product quality and safety, and regularly updates credit information such as administrative licenses and penalties to the national credit information sharing platform. As of September 2020, 216,000 pieces of credit information have been shared with the public. The list of the defaulters provided by relevant departments is embedded into the working systems of the comprehensive office in charge of agricultural administrative approval and agricultural financial project management, so that information of defaulted entities can be automatically compared, alerted, intercepted and punished.



#### 4.3. *System for punishing dishonesty initially established*

For a long time, the problem of “difficulty in punishing” defaulters has been of great concern to the society and strongly complained by the people. For this, joint punishment measures have been put forward by various ministries and commissions. Specifically, defaulters will get punished in the form of restrictions in setting up financial institutions, engaging in civil and commercial events, enjoying preferential policies and securing important positions. The MARA, together with 29 ministries and commissions including the Development and Reform Commission, the Ministry of Industry and Information Technology and the Ministry of Public Security, signed the Memorandum of Cooperation on Jointly Punishing Seriously Dishonest Production and Distribution Entities and Relevant Personnel in the Field of Agricultural Supplies. Memorandums of joint discipline have also been signed to cooperate with relevant departments regarding defaulting individuals and enterprises. To refine the disciplinary measures for dishonest conduct, the department drafted the Measures for the Management of the Entities of Joint Discipline for Serious Dishonesty in Agricultural Supplies, which clarified the principles of blacklist management, identification criteria, scope of information collection, joint disciplinary measures, as well as the procedures for identification, publication, submission and removal from the blacklist.

#### 4.4. *Progress made in credit system trial*

In recent years, a number of cities and counties, such as Shanghai Pudong, Shaanxi Ankang, Shandong Feicheng, and industry associations like the China Association of Pesticide Development and Application, have taken the lead in building a credit system for agricultural product quality and safety. To be specific, Shanghai Pudong District Agricultural and Rural Committee has conducted a three-year trial with the credit system of agricultural product quality and safety. Through encouraging credit, evaluating credit scientifically and intelligently, opening credit information to the public and fully utilizing credit, the committee has been optimizing the oversight mode of agricultural product quality and safety, and building an agricultural zone with the safest products and the most popular area gathering agricultural brands. In addition, Agricultural and Rural Bureau of Ankang City in Shaanxi Province takes agricultural product quality and safety credit system as a powerful grip to strengthen the innovative oversight of agricultural products quality and safety. Through combining big data and intelligent supervision, it has strengthened



the supervision of agricultural production and operation entities. A series of systems such as “red, yellow and black” list, rewards for complaint reporting, commending trustworthy and punishing dishonesty have also been established to enhance business entities and industries’ awareness of integrity and responsibility. Consequently, the credit system of agricultural product quality and safety has been established at the city, county and town levels. By fully relying on the intelligent supervision platform, the credit file information platform and the credit service platform for financial inclusion, Agricultural and Rural Bureau of Xiangshan County in Zhejiang Province has broken the data barriers, improved credit management and joint punishment mechanisms, and gradually formed a credit oversight model featuring subject coverage, scientific evaluation, dynamic supervision and incentive plus punishment.

#### ABSTRACT

Agricultural policies always take a grand debut as the first legal document issued by the Communist Party of China for many years. The arable land minimum of 300 million acres is a red line that any local government cannot break for whatever the reason, even though the population is declining.

Market-oriented reform is the biggest challenge for the transition from an ancient planning system to a modern market-oriented one. The state government puts a lot of efforts in combining the segmented local markets into a uniform, nationwide market and encouraging international trading to fulfill its promise when being a WTO player. In the new era, the new policies are designed to protect rural income, food security and agricultural sustainability.

A risk management system shall be well established to guarantee the safety and quality for agricultural products, which needs a competent, cooperative team, continuous monitoring and evaluation of products, high-quality academic and practical work products and a visible improvement on safety and quality management.

China is exploring an effective monitoring system on agricultural safety, and government agencies at provincial level take a primary role on product and hazard potential monitoring. A major direction of effort is to obtain reliable data, and local governments utilizes cross-province check, random inspection, re-checking system, panel analysis, reporting and sanction measures to guarantee food safety and secure accurate data.

A farm to table safety commitment requires an advanced traceability system, and agricultural product is a priority. The goal is to set up a national platform, develop standards, enable technologies and reach a consensus on its value. Plenty of standards have been made covering cold-chain food, seafood, fruits, tea leaf, meat, poultry, grain etc., and among all of them, some are mandatory rules including safety parameters but others are about quality, coding or terms. China Ministry of Agriculture is working with the state AMR/FDA on legal and institutional improvement, and at the same time, encourages provincial governments to make local rules given the diversity in culture, economy and technology.

## REFERENCES

- [1] ZHU YING, DENG YU, LIU HAIHUA, CHEN SONG (2021-09-13): *Discussion on Several Revision Problems on «Agricultural Product Quality Security Law»* [J/OL], «Food and Nutrition in China», 1-6. <https://doi.org/10.19870/j.cnki.11-3716/ts.20210906.001>
- [2] XIAO FANG (2020): *General ideas and key tasks of accelerating the construction of credit system for agro-products quality and safety* [J], «Quality and Safety of Agro-Products», 05, pp. 3-6.
- [3] HUANG XIUZHU (2020): *The priorities and directions of the agro-products quality and safety risk assessment* [J], «Quality and Safety of Agro-Products», 06, pp. 3-6.
- [4] HUANG JIKUN (2018): *Forty years of China's agricultural development and reform and the way forward in the future* [J], «Journal of Agrotechnical Economics», 03, pp. 4-15.
- [5] YANG LING, ZHANG MENGFEI, GUO ZHENG (2018): *Reflection on the development of agro-product traceability system* [J], «Quality and Safety of Agro-Products», 02, pp. 45-48.
- [6] XIONG JIALIANG, HUANG XUANYUN (2021): *The development process, current status and future prospects for routine monitoring programme of agro-products quality and safety of China* [J], «Quality and Safety of Agro-Products», 04, pp. 5-10+17.

## Considerazioni conclusive e sfide per il prossimo futuro

L'incontro ha preso le mosse dalle difficoltà del commercio mondiale emerse durante la crisi cagionata dalla pandemia del Covid-19; difficoltà che hanno investito i presidi medico-sanitari, ma che potrebbero ripetersi anche nel settore agroalimentare con conseguenze ancora più drammatiche.

Le relazioni hanno esaminato le nuove linee della Politica Agricola Comune, ormai prossime all'approvazione finale, e le linee emergenti, oltre che in Europa, in Paesi che costituiscono grandi concorrenti mondiali dell'Unione Europea nel mercato agro-alimentare, quali gli Stati Uniti d'America (con la relazione del prof. Roberts) e la Cina (con la relazione della prof.ssa YU e la presentazione del dott. Tang).

Ne sono emersi dati rilevanti, quali la circostanza che la stessa Cina sin dal 2004 si è trasformata da esportatore netto a importatore netto di prodotti agricoli, con un tasso di autosufficienza che nel 2015 si è fermato al 94,5%.

Le ultime proposte di riforma della PAC hanno riconosciuto la necessità di garantire in misura adeguata la *food security* e dunque la *produttività agricola* tenendo conto del mercato mondiale (tanto che il Parlamento UE ha introdotto negli ultimi regolamenti un nuovo articolo espressamente dedicato alla *Global Dimension of the CAP*), e nel medesimo tempo hanno insistito sui profili di compatibilità ambientale quale componente necessaria dell'attività agricola.

All'interno di questa prospettiva, i regolamenti UE in fase di approvazione finale prevedono una crescente attribuzione agli Stati membri delle decisioni sull'utilizzazione delle risorse assegnate, attraverso l'adozione di piani strategici nazionali e regionali.

Stato e Regioni saranno dunque chiamati a breve nel nostro Paese, oltre che all'adozione di strumenti programmatori pluriennali, a scelte concrete

per l'erogazione di sostegni finanziari, sin qui largamente automatici ma nel prossimo futuro prevalentemente collegati a scelte specifiche ed a preve valutazioni di efficacia.

Si tratta di una sfida impegnativa per le istituzioni italiane, per la quale vanno predisposte con sollecitudine strutture e competenze, anche attraverso un'adeguata specifica formazione della P.A.

La metà nascosta:  
l'interfaccia dinamica tra pianta e terreno

8 settembre 2021

## Programma

9.30 - *Saluti istituzionali*

Coordina: Amedeo Alpi

9.45 - Relazioni

TEOFILO VAMERALI, GIULIANO MOSCA, AMEDEO ALPI

*Tecnologie di studio della radice e risposta adattativa di specie diverse*

MARIANA AMATO

*Gli organi ipogei e l'ambiente: i servizi ecosistemici*

ROSARIO DI LORENZO

*Le "radici" del vigneto italiano: passato, presente e futuro*

MARCO NUTI, LAURA ERCOLI

*La società invisibile e le radici delle piante coltivate*

MARIATERESA RUSSO

*Il rapporto tra la metà nascosta e la salute dell'uomo: il caso delle nanoplastiche*

12.30 - *Conclusione dei lavori*

TEOFILO VAMERALI<sup>1</sup>, GIULIANO MOSCA<sup>2</sup>, AMEDEO ALPI<sup>2</sup>

## Tecnologie di studio della radice e risposta adattiva di specie diverse

<sup>1</sup> DAFNAE (Dipartimento di Agronomia, Animali, Alimenti, Risorse naturali e Ambiente),  
Università degli Studi di Padova

<sup>2</sup> Accademia dei Georgofili

In regime di *climate change* i viventi che non si adattano tendono a soccombere. Quando, come e quanto la radice possa influenzare l'adattamento delle piante coltivate al cambiamento climatico non è facile a dirsi. Della radice e dell'intero apparato radicale conosciamo ancora troppo poco, nonostante il ruolo e le funzioni del sistema radicale siano particolarmente rilevanti.

È ben noto come la meccatronica e la robotica si siano inserite di prepotenza nell'agricoltura di precisione proprio nella fase così detta di transizione verso la digitalizzazione. Quanto più a fondo indagheremo sulla radice, nonostante le difficoltà emerse nella ricerca, tanto migliori saranno i successi raggiungibili ad esempio nel *precision farming*, nel dosaggio di acqua e nutrienti, nel controllo delle malerbe e dei parassiti. Ma anche in ambito ricerca in temi più specifici quali: radice e sviluppo del sistema radicale, approccio di fenotipizzazione radicale, fisiologia dello stress radicale, interfaccia suolo-radice e comunicazione sotterranea, interazioni "radice-microrganismi", relazioni con acqua e nutrienti, tecnologie di analisi d'immagine per le funzioni radicali, modellazione dei processi radicali e rizosfera, sistemi di radici innestate e comunicazione intra-impianto, servizi ecosistemici/sistemi radicali perennanti.

Sono tutti temi discussi dalla International Society of Root Research (ISRR) nel maggio scorso, in occasione dell'ultimo convegno tenutosi presso la Università del Missouri Columbia, Missouri, US. Per questi motivi è stato scelto questo tema che si ritiene possa essere chiarificatore di tanti aspetti pregnanti e migliorativi in termini di sostenibilità reale, tra transizione ecologica e transizione digitale.

## IL RUOLO DELLA RADICE

Il ruolo strategico delle radici delle piante ha sempre destato una notevole curiosità, in quanto coinvolto in numerosi processi che incidono sia sul miglioramento quanti-qualitativo della produzione vegetale, sia sulla sua sostenibilità ambientale. L'interesse per quest'ambito di indagine è tutt'ora attuale e la ricerca incentrata sullo studio delle radici appare oggi orientata in modo sempre più puntuale alla conoscenza delle reciproche interazioni tra parte aerea e pedosfera e la "metà nascosta" della pianta. Le nuove conoscenze sugli apparati radicali che da molte parti fanno irruzione nel campo delle Scienze Agrarie non si sommano a quelle proprie delle singole discipline (agronomia, arboricoltura, ecologia vegetale agraria, ecc.), ma le trasformano e le arricchiscono, consentendo una visione più aggiornata e moderna dei vari problemi delle tematiche agro-ambientali<sup>1</sup>. È ben noto come la radice svolga un ruolo chiave in numerosi processi fondamentali, tra cui l'organizzazione dell'intero sistema radicale, l'assorbimento dei nutrienti, le simbiosi microbiche/micorriziche, gli essudati emessi e le molteplici risposte adattative agli stress. Le radici delle piante superiori svolgono un ruolo chiave nei principali servizi di supporto ecosistemici, come la genesi del suolo, i cicli biogeochimici e la creazione di habitat per una presenza di biota estremamente diversificati. L'accrescimento delle radici è fondamentale ai fini dell'adattamento ambientale e della tolleranza della pianta a situazioni di stress, come quelle rappresentate dalla siccità o al contrario da eccesso idrico, salinità, scarsa fertilità o inquinamento dei suoli. Grazie al loro apparato radicale le piante possono vantare una notevole capacità di intercettazione di fitonutrienti e altri ioni minerali dalla rizosfera, che si traduce in una capacità di estrazione di nutrienti quantificabile annualmente e complessivamente per tutti i vegetali in 5 miliardi di tonnellate di minerali. Se confrontato con l'estrazione antropica, il rapporto tra le due entità si stabilizza su 5:1 a favore delle piante.

## L'ACCRESIMENTO RADICALE

L'accrescimento si esprime attraverso l'accrescimento ponderale e il rapporto *shoot/root*, la lunghezza radicale e il numero di radici, superficie, diametro e

<sup>1</sup> Il presente contributo deriva da una cospicua attività di ricerca realizzata presso il "Laboratorio degli apparati radicali" di DAFNAE (Dipartimento di Agronomia, Animali, Alimenti, Risorse naturali e Ambiente) dell'Università di Padova i cui risultati sono stati pubblicati su riviste scientifiche internazionali in ben tre decenni di ricerche.



volume radicale, approfondimento e volume di terreno esplorato, ramificazione e infine rappresentato tramite dei Modelli di accrescimento.

#### LA DIMENSIONE DELLA RADICE

Un mondo liscio o rugoso? In natura i frattali sono importanti dato che non sono appunto presenti dei bordi lisci.

Il mondo nel quale viviamo si caratterizza per la presenza di rugosità e spigolosità irregolari, mentre le superfici lisce sono una eccezione. Si sono accettate forme appartenenti a una geometria piana (euclidea) che descrive solo forme che ben di rado, se non mai, si trovano nel mondo reale. La geometria euclidea descrive forme ideali come il quadrato, il cerchio, la sfera. Nella vita quotidiana incontriamo certamente queste forme, ma esse, afferma il matematico Benoit Mandelbrot, per lo più derivano dall'opera della mano dell'uomo (edifici, scafole...) e non della natura. I frattali rivelano una nuova area della matematica che ha a che fare in maniera diretta con lo studio della natura.

La natura si presenta a noi con forme non uniformi e con bordi ruvidi. Le nubi non sono sferiche, la corteccia degli alberi non è liscia, i fulmini non viaggiano in linea retta, le montagne non sono perfettamente coniche, i bordi delle coste non sono cerchi. La geometria frattale è quella del mondo naturale (animale, vegetale, minerale).

Il termine «frattale», coniato da Mandelbrot nel 1975, deriva da *fractus*, che esprime l'idea di discontinuo, frammentato, interrotto. La geometria frattale è la geometria delle forme irregolari che si riscontrano in natura. I frattali sono caratterizzati da un dettaglio infinito, una infinita lunghezza e assenza di parti lisce come ad esempio la radice. La dimensione frattale spiega numerosi processi naturali. La caratteristica fondamentale degli oggetti frattali è l'autosimilarità: una forma autosimile è composta da una forma base che si ripete su scala infinita.

Tutto ciò comporta non poche difficoltà nel dimensionamento sperimentale delle radici.

#### METODI DI STUDIO DELL'APPARATO RADICALE

Il sistema radicale è una sorta di universo sconosciuto non sempre facile da osservare e misurare. Pertanto i ricercatori più virtuosi continuano a cimentarsi nella realizzazione e perfezionamento di nuove metodologie di studio. I metodi di studio degli apparati radicali delle piante si suddividono in conservativi e distruttivi. Le prime indagini sulla morfologia dell'apparato radicale

risalgono all'inizio del diciottesimo secolo e furono realizzate con tecniche distruttive (Böhm, 1979). L'interesse alla dinamica di accrescimento e sviluppo delle radici e la necessità di migliorare i sistemi d'osservazione ha condotto nel tempo al perfezionamento delle metodologie esistenti e all'introduzione di altre ex-novo. Le modalità d'impiego di ciascun metodo sono state ampiamente descritte in letteratura (AA.VV., 2000).

#### I METODI CONSERVATIVI

Questi metodi: profilo di parete, rizotroni e minirizotroni, permettono di osservare lo sviluppo degli apparati radicali direttamente nel terreno attraverso la disposizione in esso di pareti in materiale trasparente in modo da visualizzare le radici che si formano nelle immediate vicinanze.

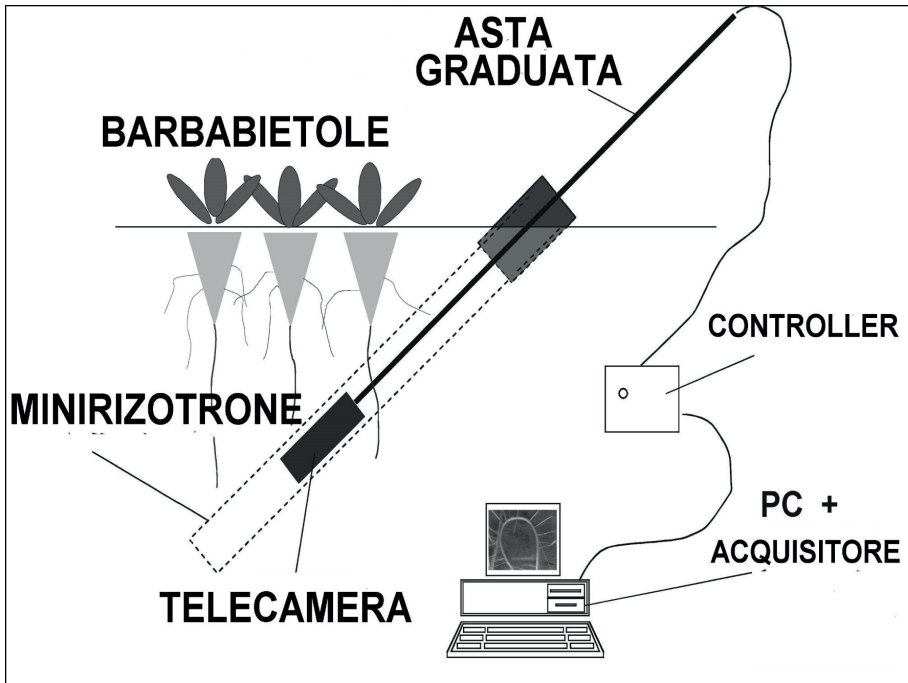
Con il metodo del profilo di parete vengono installati nel suolo dei pannelli trasparenti, che permettono l'osservazione diretta degli apparati radicali. Non ha però grande diffusione a causa del fatto che la distribuzione tridimensionale delle radici è schiacciata su di un piano verticale, e questo non permette di mettere i dati ottenuti direttamente in relazione con l'accrescimento dell'apparato radicale.

I rizotroni sono delle strutture complesse, composte da pareti trasparenti installate in posizione verticale a ridosso del profilo del terreno, accessibili da un corridoio di dimensioni tali da accogliere un osservatore in piedi per la rilevazione del profilo di parete (suolo e radici affioranti). Sono strumenti molto efficaci nel fornire dati descrittivi delle variazioni nel tempo di uno stesso sistema radicale. Il loro uso è però limitato dal loro elevato costo e dalla necessità di prestare una continua e dispendiosa manutenzione.

I minirizotroni sono dei tubi di vario diametro e lunghezza realizzati in materiale trasparente che vengono inseriti nel terreno in corrispondenza delle piante da analizzare. Attraverso l'introduzione periodica di adeguati apparati ottici (mini-telecamera) con registrazione dell'immagine è possibile l'osservazione delle radici presenti all'interfaccia con il terreno circostante. Vi sono anche metodi elettrici che rilevano variabili fisiche correlate all'accrescimento o all'attività delle radici.

#### METODI DISTRUTTIVI

I metodi distruttivi comportano la distruzione parziale o totale dell'apparato radicale delle piante osservate. In generale i metodi più utilizzati sono il



*Schematizzazione dell'osservazione radicale non distruttiva con telecamera e minirizotroni*

monolito, il *pinboard* (o metodo della tavola chiodata), il profilo di trincea, il *core-break* (rottura della carota di terreno), il carotaggio, che portano anche alla elaborazione di mappe radicali.

I primi tre consentono di studiare l'apparato radicale prevalentemente in modo descrittivo, fornendo indicazioni sulla distribuzione spaziale dell'intero apparato radicale. Monolito e *pinboard* permettono di definire lo sviluppo radicale in tre dimensioni, il profilo di trincea solo in due. I metodi del *core-break* e del carotaggio sono più veloci e consentono la determinazione della densità radicale lungo il profilo di terreno, attraverso il prelievo di campioni (carote) in punti prestabiliti. Il metodo del monolito consiste nel prelevamento del volume di terreno interessato dall'apparato radicale; si procede poi alla separazione delle radici tramite lavaggio "in situ" o in laboratorio, allontanando il terreno con getti d'acqua in pressione; in questa fase si può verificare una notevole perdita di radici. Non necessita di strumentazioni complesse ma richiede molto tempo e impiego di manodopera e non permette la ripetizione delle osservazioni nel tempo perché molto distruttivo. Il metodo del *pinboard* consiste nell'applicare una tavola chiodata alla parete di una trincea scavata a

fianco dell'apparato radicale che si intende analizzare; la tavola viene quindi estratta tirandola verso l'alto, i chiodi infissi nella porzione di terreno permettono di estrarre le radici mantenendole nella posizione originale. L'apparato radicale viene poi lavato con l'acqua per allontanare il terreno e può quindi essere fotografato per analizzare la distribuzione delle radici. Si eseguono poi analisi di tipo quantitativo quali peso secco, diametro e lunghezza delle radici. Sebbene permetta una buona analisi quali-quantitativa dell'apparato radicale analizzato, anche questo metodo richiede un notevole dispendio di tempo e manodopera ed è molto distruttivo. È indicato se si hanno poche tesi da analizzare e piante con apparato radicale non molto espanso. Il metodo del profilo di trincea prevede lo scavo di una trincea con fronte parallelo alle file di semina o d'impianto delle radici. Questa deve essere di dimensioni tali da consentire il movimento di un operatore. Una volta messe in evidenza le radici si procede al loro conteggio e mappatura. Anche questo metodo è molto laborioso, e presenta difficoltà nel distinguere le radici più piccole, causando errori di sottostima nella fase di conteggio e mappatura. Con il metodo del *core-break* viene prelevata una carota di terreno e questa viene suddivisa in segmenti di lunghezza variabile (solitamente 10 cm); i singoli campioni così ottenuti vengono quindi spezzati manualmente in due parti all'incirca uguali in modo da mettere in evidenza le radici sulle due superfici di rottura e renderne possibile il conteggio, che avviene ad occhio nudo o con l'ausilio di lenti di ingrandimento. Questo metodo è caratterizzato dalla semplicità e rapidità di esecuzione, ma i dati possono essere utilizzati solo per fini comparativi. I campioni esaminati possono essere lasciati in campo oppure utilizzati per stimare la densità radicale con i metodi che prevedono la separazione delle radici dal terreno. In questo caso i campioni vanno insacchettati in buste di plastica annotando a quale profilo di terreno corrispondono e conservati a -18°C fino al lavaggio. Il metodo del carotaggio o *soil-coring* consiste nel prelevare campioni di terreno (carote) utilizzando trivelle manuali o meccaniche. Le carote hanno generalmente lunghezza 1 m e diametro compreso tra 5 e 10 cm; diametri troppo piccoli (2 cm) possono risultare svantaggiosi nel caso in cui la densità radicale sia bassa, comportando quindi un maggior numero di repliche. La separazione delle radici avviene in seguito in laboratorio, mediante lavaggio, provvedendo manualmente alla cernita delle radici vive, eliminando quelle morte e i residui organici. Sui campioni di radici possono essere misurati parametri quantitativi quali: peso, lunghezza, diametro, area radicale. L'impiego del metodo del carotaggio può essere ostacolato dalla presenza di scheletro nel terreno, da terreni troppo coesi che impediscono l'estrazione della carota, o da terreni troppo sabbiosi che rendono impossibile l'ottenimento di una carota integra. Le carote di terreno dopo l'estrazione vengono suddivise in sub cam-



*Sistema di prelevamento di carote di terreno, suddivisione del profilo e lavaggio per la separazione delle radici*

pioni, generalmente della lunghezza di 10 cm e conservate fino al momento del lavaggio a temperature di  $-15^{\circ}\text{C}$ . La separazione delle radici dal terreno avviene tramite lavaggio in acqua o mediante flottazione. Una volta terminato il lavaggio si effettuano le operazioni di pulizia allo scopo di separare le radici vive da quelle morte e dai residui organici. Le radici raccolte vengono quindi conservate in una soluzione al 15-25% di alcool e tenute a basse temperature. La lunghezza radicale viene generalmente riferita all'unità di volume di terreno come densità di lunghezza radicale (RLD, *Root Length Density*) che corrisponde, generalmente in cm di lunghezza su  $\text{cm}^3$  di terreno.

Altri metodi sono disponibili tra cui l'analisi d'immagine, i metodi elettrici et al., il geo-radar.

#### ANALISI D'IMMAGINE

L'acquisizione delle immagini è effettuata posizionando le radici accuratamente su un vassoio; sono consigliati per l'utilizzo vassoi in vetro piuttosto che in plastica perché questi ultimi possono deteriorarsi e alcuni graffi essere scambiati per radici. Per acquisire le immagini sono utilizzati telecamere o scanner. Le prime hanno una velocità di scansione di gran lunga superiore rispetto all'altro, consentendo di ridurre il campo di osservazione per aumentare la risoluzione dell'immagine (Pan e Bolton, 1991), ma richiedono un collegamento a una scheda di acquisizione immagini che converta il segnale analogico in digitale. Vengono quindi utilizzati i comuni scanner 2D disponendo le radici su un velo di liquido (acqua demineralizzata) di 2-3 mm. Le immagini possono essere archiviate in file di diverso formato, in funzione delle procedure di acquisizione e del programma di analisi disponibile, quello

più utilizzato è il formato TIFF (*Tagged Image File Format*) poiché è possibile gestire le informazioni delle immagini (livelli di grigio e colori) e di poterne comprimere le dimensioni in modo più preciso. Le misure ottenute dall'analisi d'immagine possono essere basate su pixel o su oggetti.

#### DIMENSIONE DELLA RIZOSFERA

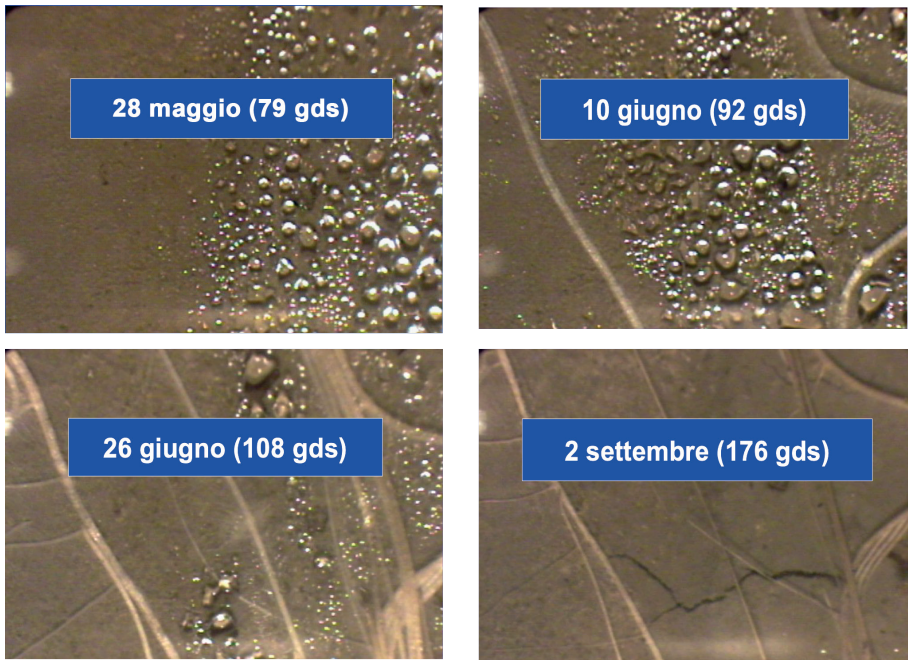
Questo risultato trova la sua motivazione nell'evoluzione dei vegetali che ha dato origine a sistemi radicali che, grazie a una progressiva ripartizione e ramificazione, presentano una superficie di contatto con la rizosfera straordinariamente ampia. L'esperimento di Howard J. Dittmer dell'Università dell'Iowa (USA) dimostra quanto la radice possa estendersi. Negli anni '30, Dittmer isolò in una cassetta di vegetazione (55 cm di profondità e superficie di 77 cm<sup>2</sup>) una pianta di segale e la coltivò per 4 mesi. A fine esperimento la sua lunghezza radicale complessiva risultava pari a 622 km, pari a una superficie di 237 m<sup>2</sup>. Considerando anche i peli radicali si raggiungevano gli 11.200 km di lunghezza, corrispondenti a una superficie di 650 m<sup>2</sup>. In assenza di competizione e senza stress la segale era dunque in grado di formare un esteso capillizio radicale. Inoltre presso la Station d'Agronomie dell'INRA di Tolosa, Robert Blanchet e collaboratori, nel 1986, avevano stimato che un ettaro di soia irrigua riesce a differenziare un sistema radicale la cui lunghezza complessiva può simbolicamente compiere una volta e mezza la circonferenza terrestre.

#### RADICE E RIZOSFERA

Tra le innumerevoli peculiarità che caratterizzano la rizosfera è da annoverare anche il sequestro del carbonio, che esercita un certo impatto sul cosiddetto *global change*. Il sistema radicale e i suoi essudati rappresentano infatti una cospicua fonte di immobilizzazione di carbonio organico a diverso grado di rimobilizzazione.

Utilizzando una serie di approcci e terminologie mutuati dalla scienza dei materiali, è stato accertato che le radici influenzano le proprietà fisiche del suolo; questo spiega come gli essudati radicali migliorino i processi di incollaggio interparticellare, di dispersione e di aggregazione, mentre le radici agiscono come un'armatura in fibra. Tutte queste funzioni sono ampiamente influenzate dal suo turnover, ossia dalla dinamica di formazione-accrescimento e morte-decomposizione. La sua incidenza è molto significativa: si ricorda, ad esempio, che in numerose conifere ogni anno dal 30 all'86% delle radici





*Dinamica di turnover (90 cm di profondità) in radici di barbabietola da zucchero a diversi giorni dalla semina (GDS)*

si disattiva e viene rinnovato; spostandoci poi sulle specie erbacee annuali si può constatare come in barbabietola da zucchero meno circa della metà delle radici fibrose prodotte nel ciclo risultino ancora attive al momento dell'estirpo finale. Il turnover influenza direttamente il potenziale di assorbimento dell'acqua e dei nutrienti e l'intensità di interscambio di messaggi e nutrienti con la rizosfera. A fini produttivi, tranne nei casi di attacchi parassitari, la credenza che «per ottenere una resa elevata non è sempre indispensabile un apparato radicale molto sviluppato» viene invece oggi contraddetta dall'affermazione più realistica che dice: «in genere il motivo di una scarsa resa produttiva è da porre in relazione a un apparato radicale assai ridotto e/o stressato». Un aumento della lunghezza radicale comporta un incremento della resa della coltura secondo un modello lineare, ma la correlazione appare però assai modesta. Questo trova la sua motivazione nel fatto che lo sviluppo radicale e la produzione sono due eventi lontani nel tempo: di fatto la resa si costruisce, tramite le sue principali componenti, durante alcune ben specifiche fasi fenologiche, mentre l'accrescimento radicale segue ritmi di formazione differenti. Lungo il ciclo vegetativo possono verificarsi attacchi parassitari o fenomeni di stress abiotico che, in funzione della loro inten-

sità, tendono a scollegare i due parametri. Quindi una buona dimensione dell'apparato radicale rappresenta una ottima, ma non sufficiente premessa per raggiungere delle elevate rese di prodotto. Quanto detto è la testimonianza dei notevoli progressi compiuti in chiave radicale e di sostenibilità dei vari fenomeni biologici che incidono nel miglioramento quali-quantitativo delle produzioni vegetali. Malgrado le più recenti innovazioni tecnologiche abbiano fornito dei validi strumenti di indagine, restano ancora da chiarire altri aspetti quali la variabilità spaziale delle radici, il loro orientamento nella rizosfera, la risposta all'applicazione di nuovi prodotti della *crop protection*, la presenza di un cosiddetto "centro decisionale-organizzativo" da cui dipende il futuro accrescimento dei peli radicali, le reazioni all'assenza di forza gravitazionale e gli effetti della gravità. Sono infatti note le basi cellulari e i meccanismi del gravitropismo, fenomeno per cui le radici impiegano questa forza come segnale direzionale per esplorare la rizosfera, e realizzare l'ancoraggio oltre che intercettare risorse. Le sfide della moderna agricoltura e dell'attuale situazione ambientale hanno aperto ambiti di studio non del tutto risolti, in cui la ricerca radicale, forte delle conoscenze sopra trattate, riveste un ruolo essenziale. Il crescente trend della popolazione globale, la degradazione del suolo e della sua fertilità, la scarsità idrica e l'aumento dei costi dei fertilizzanti stanno premendo per una seconda rivoluzione verde che abbia come obiettivo quello di potersi avvalere di piante in grado di produrre a bassi livelli di input. In quest'ottica, la radice ha un ruolo cruciale: comprendere la morfologia e le funzioni radicali a partire dal livello cellulare fino all'intero sistema è indispensabile sia per la produzione vegetale che per la difesa dell'ambiente. Una nuova frontiera dello studio radicale sta prendendo piede con la diffusione dell'agricoltura di precisione. Questa si basa sull'applicazione di tecniche e principi che hanno come obiettivo finale l'incremento della *performance* della coltura e la qualità ambientale, attraverso la gestione della variabilità spaziale e temporale, realizzata tramite l'uso di sensori, attuatori, mappe digitali e satelliti. Precisione significa esattezza e accuratezza in ogni aspetto della produzione: gli approfondimenti di ricerca in materia di apparati radicali vanno posti quindi in relazione al management in tutte le fasi del processo produttivo. La ricerca sugli apparati radicali si inserisce persino nell'ambito del contenimento della malnutrizione tramite la biofortificazione, basata sull'arricchimento in micronutrienti delle materie prime destinate all'alimentazione umana, anche tramite le pratiche agronomiche di concimazione fogliare o al suolo. In questo caso però, il sistema pianta deve essere in grado di non superare il confine tra nutrizione e fitotossicità.



## RADICE E AMBIENTE

La tutela ambientale riserva una nicchia alla ricerca radicale a completamento degli studi che hanno come obiettivo la conservazione del suolo. La presenza nel terreno di inquinanti chimici, in particolare metalli pesanti derivanti dal settore agricolo e industriale si è fatta via via più critica, tanto da richiederne in alcuni casi il risanamento. Questo può essere fatto tramite la fitorimediazione, una tecnica che sfrutta la capacità delle piante superiori di immobilizzare, degradare o estrarre i contaminanti del suolo e delle acque. Fitoestrazione e fitostabilizzazione sono i due meccanismi impiegati per la bonifica "verde": il primo si basa sull'asportazione di biomassa vegetale in cui si sono accumulati gli inquinanti e sui successivi smaltimento ed eventuale recupero; nel secondo caso invece, la pianta svolge un'azione di immobilizzazione-insolubilizzazione dei contaminanti nella rizosfera o nella radice stessa. Per entrambi i sistemi è necessario avvalersi di una pianta in grado di sviluppare un'estesa biomassa ipogea con un lento e modesto rinnovo delle strutture radicali e di produrre essudati efficaci nel contenimento degli inquinanti. Recenti tecniche prevedono l'uso di erbacee perenni in pendii, scarpate e ai margini delle infrastrutture ("prati armati") con l'obiettivo di arginare l'erosione del suolo e la perdita di materiale, avendo nel contempo bassa manutenzione ed elevata ecosostenibilità. A questo scopo è necessario utilizzare piante con apparati radicali profondi e resistenti: è il caso ad esempio della vetiveria (*Vetiveria zizanioides*), le cui radici, profonde fino a 5 metri circa, sono in grado di imbrigliare il terreno e di fornire una resistenza meccanica alla trazione pari a 1/6 di quella propria dell'acciaio. Le alluvioni e le esondazioni provocate negli ultimi decenni dai cambiamenti socio-economici e territoriali anche nella nostra Penisola hanno portato all'attenzione dell'opinione pubblica la fragilità di interi sistemi produttivi. In questo caso la ricerca radicale si inserisce in una rete di studi agronomici, economici e idraulico-ambientali il cui focus è la garanzia di una produzione che sia traducibile in un reddito minimo anche in caso di esondazione. L'apparato radicale deve essere quindi in grado di sopportare le alterazioni dovute al dilavamento o alla concentrazione di particolari elementi nel profilo del suolo, contribuendo così a conferire al sistema pianta una sorta di "tolleranza alla sommersione".

## LA RADICE NELLO SPAZIO

I programmi internazionali di esplorazione spaziale prevedono missioni di durata sempre maggiore; tuttavia la permanenza prolungata dell'uomo nello

spazio comporta ancora problematiche di tipo tecnologico, di approvvigionamento delle risorse e di salute per gli astronauti. In missioni di lunga durata non è possibile fornire interamente da terra le risorse necessarie (cibo, acqua, ossigeno), pertanto le missioni interplanetarie e le lunghe permanenze su piattaforme spaziali dipenderanno dallo sviluppo di sistemi in grado di rigenerare in continuo le risorse primarie. La ricerca svolta nell'ambito della biologia vegetale spaziale dimostra che le piante superiori sono in grado di adattarsi alle condizioni di vita nello spazio, tuttavia le informazioni sugli effetti a lungo termine di queste sui processi fondamentali sono meritevoli di ulteriori ricerche necessarie nell'ottica dell'inserimento nei sistemi biorigenerativi. Le piante superiori rappresentano un ottimo strumento per rigenerare l'aria, mediante l'assorbimento di CO<sub>2</sub> e l'emissione di O<sub>2</sub> nella fotosintesi, purificare l'acqua mediante la traspirazione e riciclare parte dei prodotti di scarto dell'equipaggio (deiezioni) attraverso la nutrizione dei vegetali, fornendo nel contempo cibo fresco per integrare la dieta dell'equipaggio. Alla luce di quanto sopra espresso si auspica l'approfondimento di ricerca della "rizologia", intesa come area di ricerca integrata dalle competenze di agronomi, genetisti, forestali, fisiologi, ecologi, microbiologi e chimici del suolo, in grado di rispondere alle necessità di un ambiente e di un'agricoltura in continua evoluzione.

#### RIASSUNTO

Lo studio dell'architettura radicale delle piante coltivate desta un crescente interesse poiché le nuove conoscenze aiutano a comprendere i meccanismi di colonizzazione della rizosfera e di adattamento all'ambiente. L'efficienza di acquisizione di acqua e nutrienti rappresenta infatti un argomento focale per la gestione di un'agricoltura sempre più eco-compatibile e sostenibile.

È ben noto come la radice svolga un ruolo chiave in numerosi processi fondamentali, tra cui l'organizzazione del network radicale, l'assorbimento, le simbiosi e le associazioni microbiche, gli essudati e le varie risposte adattative agli stress. Le radici delle piante superiori svolgono inoltre un ruolo essenziale nei principali servizi di supporto ecosistemici, come la genesi del suolo, i cicli biogeochimici e la creazione di habitat per una presenza di biota estremamente diversificati. Agronomicamente, l'accrescimento delle radici è fondamentale ai fini dell'adattamento ambientale e della tolleranza della pianta a situazioni di stress, come siccità o eccesso idrico, salinità, scarsa fertilità o inquinamento dei suoli.

Tra le innumerevoli peculiarità che caratterizzano la rizosfera è da annoverare anche il sequestro del carbonio, che esercita un certo impatto sul cosiddetto *global change*. Il sistema radicale e i suoi essudati rappresentano infatti una cospicua fonte di immobilizzazione di carbonio organico a diverso grado di rimobilizzazione. Utilizzando una serie di approcci e terminologie mutuati dalla scienza dei materiali è stato accertato che le radici influenzano le proprietà fisiche del suolo; questo spiega come gli essudati radicali migliorino i processi di "incollaggio" interparticellare, di dispersione e di aggregazione, mentre

le radici agiscono come un'armatura in fibra. Tutte queste funzioni sono ampiamente regolate dalla dinamica di formazione-accrescimento e morte-decomposizione (turnover), la cui incidenza può arrivare al 50% in barbabietola da zucchero e all'86% annuo delle radici fini in molte conifere. Il turnover influenza direttamente il potenziale di assorbimento dell'acqua e dei nutrienti e l'intensità di interscambio di messaggi molecolari con la rizosfera.

Nonostante le recenti innovazioni tecnologiche abbiano fornito alla ricerca validi strumenti di indagine, sono ancora poche le informazioni sull'architettura radicale. Il presente contributo chiarisce quali tra le possibili metodologie di indagine offrono la possibilità di fare chiarezza su alcune caratteristiche morfo-fisiologiche e funzioni ecologiche dei sistemi radicali. Nella presentazione verranno citate le principali metodologie (distruttive e conservative, mappe radicali, analisi d'immagine, metodi elettrici, ecc.) di studio delle radici.

Una nuova frontiera di indagine radicale sta prendendo piede con la diffusione dell'agricoltura di precisione. Questa si basa sull'applicazione di tecniche e principi che hanno come obiettivo finale l'incremento della performance della coltura e la qualità ambientale attraverso la gestione della variabilità spaziale e temporale, realizzata tramite l'uso di sensori, attuatori, mappe digitali e satelliti. Precisione significa esattezza e accuratezza in ogni aspetto della produzione; gli approfondimenti di ricerca in tema di apparati radicali vanno posti quindi in relazione al management in tutte le fasi del processo produttivo. Sono variabili agronomiche in grado di modificare l'accrescimento radicale la scelta varietale, il dosaggio di fertilizzanti e della risorsa idrica, i trattamenti concianti e biostimolanti al seme e alla pianta, e molti altri. In barbabietola, ad esempio, un più precoce attingimento di acqua da orizzonti profondi si ottiene a dosaggi moderati di azoto; in mais la scelta dell'ibrido basata su indici di accrescimento radicale è invece essenziale per la modulazione dell'apertura stomatica e migliorare l'efficienza d'uso dell'acqua. I biostimolanti rappresentano una delle ultime frontiere nell'ambito nella nutrizione vegetale e, insieme ad alcune nuove molecole fungicide, appaiono promettenti anche nella stimolazione dell'accrescimento radicale in numerose specie coltivate.

Alla luce di quanto sopra espresso si auspica l'approfondimento di ricerca della "rizologia", intesa come area di ricerca integrata dalle competenze di agronomi e genetisti, forestali, fisiologi, ecologi, microbiologi e chimici del suolo, in grado di rispondere alle necessità di un ambiente e di una agricoltura in continua evoluzione.

## ABSTRACT

*The hidden half: the dynamic interface between plant and soil.* The study of root architecture of cultivated plants is gaining growing interest as new knowledge helps to understand the mechanisms of rhizosphere colonization and plant adaptation to the environment. In fact, the efficiency of water and nutrient acquisition represents a crucial topic for the management of sustainable agriculture. It is well known that plant roots play a key role in many fundamental processes, including the organization of root networks, uptake, symbiosis and microbial associations, exudates release and various adaptive responses to stresses. Roots of higher plants also play an essential role in ecosystem support services, such as soil genesis, nutrient cycle and the creation of habitats for contrasting biota.

Agronomically, root growth is essential for environmental adaptation and plant tolerance to stress conditions, such as drought or water logging, salinity, poor fertility or soil pollution. Among many peculiarities that characterize the rhizosphere, there is also carbon sequestration, which has a certain impact on "global change". The root system and its exudates represent a large source of immobilization of organic carbon with different degrees of re-mobilization. Using a series of approaches and terminologies coming from materials science, it has been found that roots affect the physical properties of the soil; this explains how root exudates improve the interparticle "bonding", dispersion and aggregation processes, while the roots act as fibre reinforcement. All these functions are largely regulated by the dynamics of formation-growth and death-decomposition (root turnover), the incidence of which can reach 50% in sugar beet and 86% per year of fine roots in many conifers. Turnover directly affects the uptake potential of water and nutrients and the intensity of the interchange of messages with the rhizosphere. Although recent technological innovations have provided research with valuable investigation tools, there is still little information on root architecture. This contribution can clarify which of the available methodologies can shed light on some morpho-physiological characteristics and ecological functions of root systems. This presentation will mention the main methodologies (destructive and conservative, root maps, image analysis, electrical methods, etc.) for studying plant roots. A new frontier of root investigation is taking place with the spread of precision agriculture. This is based on the application of techniques and principles that have, as their ultimate goal, the increase in crop performance and environmental quality through the management of spatial and temporal variability, achieved through the use of sensors, actuators, digital maps and satellites. Precision implies exactness and accuracy in every aspect of crop management; in-depth research on root systems must therefore be placed in relation to management at all stages of the production process. Among agronomic variables capable of modifying root growth there are: variety choice, fertilization rate and irrigation volume, seed and plant treatment with biostimulants, and many others. In sugar beet, for example, an earlier water uptake from deep horizons is achieved at moderate nitrogen rate; in maize, the hybrid choice based on root growth indices is instead essential for modulating stomata opening and improving the water use efficiency. Biostimulants represent one of the latest frontiers in plant nutrition and, together with some new fungicides, also appear promising in stimulating root growth in many crops. Given this background, it is expected that further insight is gained in "rhizology" as a research area integrated by the skills of agronomists and geneticists, foresters, physiologists, ecologists, microbiologists and soil chemists, capable of responding to the needs of a constantly evolving environment and agriculture.

#### BIBLIOGRAFIA CONSULTATA

- AA.VV. (2000): *Obiettivo radice. Metodi di studio e risultati ottenuti in ambiente mediterraneo*, a cura di G. Mosca G. e T. Vamerali, Ed. Cleup, Padova.
- BÖHM W. (1979): *Methods of Studying Root Systems*, Springer-Verlag Berlin Heidelberg, XIII, 188.
- BONA S., VAMERALI T., MOSCA G. (1995): *Risposta del sistema radicale del mais (Zea Mays L.) alla riduzione degli input*, «Riv. Agronomia», 29, pp. 339-347.
- DAL CORTIVO C., BARION G., FERRARI M., VISIOLI G., DRAMIS L., PANOZZO A., VAME-

- RALI T. (2018): *Effects of field inoculation with VAM and bacteria consortia on root growth and nutrients uptake in common wheat*, «Sustainability», 10 (3286), pp. 1-11.
- DAL CORTIVO C., BARION G., VISIOLI G., MATTAROZZI M., MOSCA G., VAMERALI T. (2017): *Increased root growth and nitrogen accumulation in common wheat following PGPR inoculation: assessment of plant-microbe interactions by ESEM*, «Agriculture Ecosystems and Environment», 247, pp. 396-408.
- DAL CORTIVO C., CONSELVAN G.B., CARLETTI P., BARION G., SELLA L., VAMERALI T. (2017): *Biostimulant effects of seed-applied sedaxane fungicide: morphological and physiological changes in maize seedlings*, «Frontiers in Plant Science», 8 (2072), pp. 1-11, 6 December 2017.
- DE MICCO V., ARONNE G., COLLA G., FORTEZZA R., DE PASCALE S. (2009): *Agro-biology for bioregenerative Life Support Systems in long-term Space missions: General constraints and the Italian efforts*, «J. Plant Interactions», 4, pp. 241-252.
- LAL R. (2004): *Soil Carbon Sequestration Impact on Global Climate Change and Food Security*, «Science», 304 (5677), 1623-7.
- LESMOIR-GORDON N., ROOD W., EDNEY R. (2010): *I frattali a fumetti*, Raffaello Cortina Ed., Milano, 2010, pp. 177.
- MOSCA G. (2006): *Root system and agro-ecosystem management*, «I Georgofili. Quaderni», VIII, pp. 7-16.
- MOSCA G., VAMERALI T. e BANDIERA M. (2013): *Apparati radicali nell'interfaccia suolo-pianta coltivata: interazioni con acqua, azoto e inquinanti. I*, in Pisante M., *Agricoltura sostenibile*, Edagricole, Bologna, pp. 181-205.
- MUCCIARELLI M., BERTEA C.M., COZZO M., SCANNERINI S. e GALLINO M. (1998): *Vetiveria zizanioides as a tool for environmental engineering*, «ISHS Acta Horticulturae», 457, 33.
- OLIVEIRA M.R.G., VAN NOORDWIJK M., GAZE S.R., BROUWER G., BONA S., MOSCA G., HIRIAH K. (2000): *Auger sampling, ingrowthcores and pineboard methods. I*, in *Root Methods. A Handbook*, Springer-Verlag, pp. 175-210.
- ROMDHANE L., AWAD Y.M., RADHOUANE L., DAL CORTIVO C., BARION G., PANOZZO A., VAMERALI T. (2019): *Wood biochar produces different rates of root growth and transpiration in two maize hybrids (Zea mays L.) under drought stress*, «Archives of Agronomy and Soil Science», 65 (6), pp. 846-866.
- ROMDHANE L., PANOZZO A., RADHOUANE L., DAL CORTIVO C., BARION G., VAMERALI T. (2021): *Effects of soil amendment with wood ash on transpiration, growth and metal uptake in two contrasting maize (Zea mays L.) hybrids to drought tolerance*, «Frontiers in Plant Science», 12, 661909, pp. 1-13.
- ROMDHANE L., PANOZZO A., RADHOUANE L., DAL CORTIVO C., BARION G., VAMERALI T., (2021): *Root characteristics and metal uptake of maize (Zea mays L.) under extreme soil contamination*, «Agronomy», 2021, 11 (178), pp. 1-14.
- SINCLAIR T.R., MOSCA G. e BONA S. (1993): *Simulation analysis of variation among seasons in winter wheat yields in Northern Italy*, «J. Agronomy and Crop Sci.», 170, pp. 202-207.
- VAMERALI T., BANDIERA M., MOSCA G. (2012): *Minirhizotrons in modern root studies*, in *Measuring roots. An updated approach*, S. Mancuso (Ed.), Springer, 17, pp. 341-361.
- VAMERALI T., BONA S., SACCOMANI M., CAGNIN M. e MOSCA G. (2001): *Effect of selection for low input on morpho-physiology of root system in maize*, Proc. XIX Nat. Conf. It. Soc. of Agric. Chem., pp. 377-383.
- VAMERALI T., GANIS A., BONA S., MOSCA G. (2003): *Fibrous root turnover and growth in sugar beet as affected by nitrogen shortage*, «Plant and Soil», 255, pp. 169-177.

- VAMERALI T., GANIS A., BONA S., MOSCA G. (1999): *An approach to minirhizotron root image analysis*, «Plant and Soil», 217, pp. 183-193.
- VAMERALI T., GUARISE M., GANIS A., BONA S., MOSCA G. (2003): *Analysis of root images from auger sampling with a fast procedure: a case of application to sugar beet*, «Plant and Soil», 255, pp. 387-397.
- VAMERALI T., GUARISE M., GANIS A., ZANETTI F., MOSCA G. (2008): *Studying root distribution with geostatistics*, «Plant Biosystems», 142, 2, pp. 428-433.
- VAMERALI T., SACCOMANI M., BONA S., MOSCA G., GUARISE M. E GANIS A. (2003): *A comparison of root characteristics in relation to nutrient and water stress in two maize hybrids*, «Plant and Soil», 255, pp. 157-167.
- VISIOLI G., CONTI F.D., MENTA C., BANDIERA M., MALCEVSCHI A., DAVEY L.J., VAMERALI T. (2016): *Assessing biochar ecotoxicology for soil amendment by root phytotoxicity bioassays*, «Environmental Monitoring and Assessment», 188 (3), 166, pp. 1-11.

MARIANA AMATO<sup>1</sup>, ROBERTA ROSSI<sup>2</sup>

## Gli organi ipogei e l'ambiente: i servizi ecosistemici

<sup>1</sup> Università degli Studi della Basilicata

<sup>2</sup> CREA-ZA

### I SERVIZI ECOSISTEMICI

La definizione di servizi ecosistemici, sin dal Millennium Ecosystem Assessment (Hassan et al., 2005), è orientata ai benefici che le società umane ottengono dagli ecosistemi, e li classifica in servizi di supporto (es. formazione del suolo, supporto alla biodiversità, “nutrient cycling”), regolazione (es. stabilizzazione del clima e del suolo, disinquinamento), fornitura di prodotti (alimenti, materie prime, ossigeno, acqua) e cultura (arricchimento intellettuale, ricreativo, estetico). La ricerca del difficile equilibrio fra le diverse categorie di servizi ecosistemici è oggetto di attenzione (Hassan et al., 2005), ed è codificata esplicitamente nel concetto di *intensificazione sostenibile* fra gli obiettivi strategici FAO (FAO, 2009) e implicitamente nei 17 obiettivi per lo sviluppo sostenibile dell'ONU (United Nations General Assembly 2015) che comprendono riduzione di fame e povertà in un mondo a popolazione crescente, contestualmente a salvaguardia ambientale, equità sociale ed innovazione.

Gli strumenti e mercati che sorgono in maniera più o meno regolata per quantificare questi servizi, anche come base per la loro remunerazione, sono volti a quelli più evidenti e riconosciuti, come i servizi relativi ai cambiamenti climatici, e per gli agroecosistemi sono spesso limitati agli effetti dei mezzi di produzione e delle parti epigee delle piante. Le radici e gli organi sotterranei delle piante, però forniscono servizi ecosistemici specifici di notevole entità.

## RADICI, CARBONIO E CAMBIAMENTI CLIMATICI

In riferimento al carbonio coinvolto negli scambi fra sistemi terrestri e atmosfera, il pool del suolo è il più importante: si stima che corrisponda a 2500 Gt (1550 Gt organico e 950 Gt inorganico - Lal, 2004), pari a fra 2 e 3 volte quello atmosferico e circa 4,5 volte quello della biomassa epigea (Gardi et al., 2007). Un miglioramento delle stime richiede ulteriori dati specialmente sul C organico in permafrost, torbiere e strati profondi del suolo (Lorenz e Lal, 2019). In ogni caso del C organico ipogeo, quello di origine radicale è pari a 2.4 volte quello di origine epigea, a causa di maggiore resistenza alla decomposizione, interazione con ioni metallici e protezione fisico-chimica anche legata all'attività di peli radicali e micorrize (Rasse et al., 2005).

I servizi ecosistemici ipogei che ne conseguono vanno dalla mitigazione del cambiamento climatico al sostegno alla vita nel suolo.

Ai fini del sequestro del carbonio nel suolo, il carbonio deposto negli strati profondi è il più protetto da turnover e ritorno all'atmosfera pertanto il contributo delle radici profonde è particolarmente importante. Se adeguatamente riconosciuto e sostenuto, questo tratto può trovare nuovo successo nelle strategie di miglioramento genetico e coltivazione delle piante (Kell, 2011) senza comportare necessariamente una riduzione dei servizi ecosistemici di produzione a favore di quelli di regolazione e supporto, in particolare in condizioni di cambiamento climatico. Ad esempio nella rassegna di Ober et al. (2021) i risultati su genotipi con radici profonde mostrano:

- una riduzione della lisciviazione di nitrati
- dati produttivi più elevati in frumento tenero, duro, riso, orzo, mais e sorgo. A questo proposito viene invocato un probabile maggiore accesso a risorse idriche profonde. Un'ipotesi aggiuntiva per i cereali autunno vernini comprende la diversa distribuzione temporale dell'acquisizione idrica fra radici superficiali e profonde: queste ultime, infatti, comportando una maggiore resistenza assiale al trasferimento di acqua, possono determinarne una minore acquisizione in fase vegetativa. In piante che si basano sulla riserva idrica del suolo questo si traduce in una maggiore quota di acqua conservata per il periodo post-antesi, cruciale per la determinazione delle rese, come dimostrato dalle storiche ricerche australiane in cui una rallentata acquisizione idrica pre-floritura è stata un obiettivo del miglioramento genetico del frumento, perseguito in quel caso con una riduzione del diametro xilematico (Richards e Passioura, 1989). Benché sempre importante, un migliore uso delle risorse idriche diventa cruciale in relazione agli scenari di riduzione della disponibilità di acqua legati ai cambiamenti climatici.



Dunque le valenze di un semplice tratto di morfologia radicale sono molteplici: una radice profonda può essere considerata un fornitore multifunzionale di servizi ecosistemici che vanno dalla riduzione della lisciviazione al sequestro del carbonio, al risparmio idrico. Ognuna di queste funzioni comporta poi una cascata di ulteriori meccanismi di grande rilevanza.

#### RADICI, BIODIVERSITÀ, MODIFICHE DELL'AMBIENTE IPOGEO

Strutture, residui ed essudati ipogei assieme ai residui epigei sono la base della catena alimentare sotterranea, dunque della biodiversità del suolo. Questo aspetto è oggetto di altri contributi in questo stesso numero, ai quali si rinvia. Si segnala solo che accanto alla notevole ricchezza di ricerche sulla rizosfera, c'è una letteratura emergente sulla spermosfera e sulla zoologia ipogea.

Lo studio di questo comparto è di primaria importanza per tutti i servizi ecosistemici legati alla biosfera ipogea e sostegno della vita sul pianeta: gli organi ipogei delle piante e gli organismi che esse sostengono modificano le proprietà fisiche e chimiche del suolo con l'effetto di svolgere una parte del lavoro di coltivazione per noi, a minore costo energetico e ambientale. Ad esempio la produzione di forme di azoto utilizzabili dalle piante è una riduzione chimica a elevato costo energetico, effettuata industrialmente a spese di combustibili fossili, mentre la microflora ipogea svolge questo processo avvalendosi di energia dalla fotosintesi degli organismi autotrofi. Meno noti sono i risparmi di risorse ed energia conseguibili attraverso altri servizi ipogei, fra i quali ad esempio il *biotillage*: azione strutturante ad opera di radici (Zhang e Pong, 2021) che svolgono le funzioni delle lavorazioni meccaniche senza costi economici ed ambientali.

#### PROPRIETÀ IDROLOGICHE E STABILITÀ DEI SUOLI

Le piante influenzano la stabilità del suolo con molteplici meccanismi, quasi tutti mediati dalle radici, e ascrivibili a effetti meccanici diretti o indiretti, conseguenza delle modifiche del bilancio idrologico (Amato, 2004) e della essudazione di polimeri igroscopici e adesivi (Di Marsico et al., 2018a). La complessità delle interazioni legate a tali fenomeni è affrontata più diffusamente in contributi specialistici (es. Di Marsico et al., 2018a, 2018b) o rivolti a un pubblico più ampio (Amato, 2004; Amato et al., 2000). I meccanismi di rinforzo del suolo da parte delle radici rappresentano un hot-spot della ricerca (Wang et al., 2020) e i loro effetti prevalenti sono:

- a. Un aumento della resistenza a rottura del suolo a opera delle radici, che reindirigono gli sforzi interni al terreno lungo il loro asse longitudinale e li contrastano con la loro resistenza a trazione ( $Tr$ ), molto più elevata di quella del suolo ( $Tr$  è dell'ordine dei MPa per le radici e kPa per il suolo). Notevoli variazioni di  $Tr$  si riscontrano fra specie (valori elevati nelle graminacee: es. circa 86 MPa misurati in radici di *Poa* da Amato et al., 2006) dimensione (decescente con l'aumento di diametro), condizioni ( $>$  in radici cresciute in pendio), parte anatomica ( $>$  nel cilindro centrale) verosimilmente a causa della diversa densità radiale del contenuto in componenti strutturali meccanicamente attive come la cellulosa. L'effetto è mediato dalla diversa elasticità fra radice e terreno (Amato et al., 2006) e dalla resistenza al contatto radice-terreno legata all'ancoraggio delle parti terminali attraverso peli ed essudati, e alla ramificazione. Il risultante rinforzo è stato modellizzato e misurato come funzione della densità radicale. Lo studio dettagliato delle relazioni meccaniche suolo-pianta comprende anche modifiche architetture. Ad es. le radici di piante cresciute sotto sollecitazione meccanica, tendono a disporsi in modo da lavorare sempre in trazione, massimizzando così il loro effetto stabilizzante.
- b. In generale una diminuzione netta del contenuto medio di acqua nel volume esplorato dalle radici con aumento della stabilità legato alla maggiore coesione e minore peso del terreno (Amato et al., 2006). Essudati igroscopici però proteggono la sabbia da contenuti idrici talmente bassi da comportare riduzione della coesione.
- c. Gli essudati radicali esercitano un effetto strutturante e modificano le proprietà idrologiche del suolo rizosferico. L'effetto stabilizzante dei prodotti rizosferici è descritto nell'agronomia classica: Russell (1986) compara l'effetto delle diverse frazioni organiche sulla entità e dinamica temporale delle proprietà legate alla coesione, ed evidenzia l'effetto notevolissimo dei polisaccaridi freschi di origine soprattutto fungina, rispetto alle frazioni umiche, ma ne sottolinea la breve durata, pari a poche settimane dopo la morte dei microrganismi. Chenu e Guerif (1991) riportano un aumento nella resistenza a rottura del suolo ad opera di tali polisaccaridi. Il termine rizogaina definisce un particolare film che si sviluppa attorno alla radice e che si compone di peli radicali, mucillagine radicale e batterica il cui volume può essere fino a 5 volte superiore al volume della radice in condizioni di suolo asciutto e circa 1.2 volte se il suolo è bagnato (Watt et al., 1994). Questa matrice collosa e cementante trattiene le particelle di suolo e contribuisce alla creazione di un "ponte liquido" che trattiene l'acqua nel suolo rizosferico (Carminati et al., 2017). La mucillagine radicale è prevalentemente composta di polisaccaridi altamente igrofili a reazione neutra o

acida (94%-97%) sono presenti proteine (3-6%) e in minor misura acidi fenolici e fosfolipidi (Bacic et al., 1986; Moody et al., 1988). I gruppi idrossilici degli zuccheri imbrigliano le particelle di suolo attraverso legami a idrogeno (Watt et al., 1993). Dati produttivi riportati in letteratura sono citati nel lavoro di revisione di Carminati e Vetterlein (2013): orientativamente la pianta può produrre circa 100-140  $\mu\text{g}$  di polisaccaridi per unità di superficie radicale (*Zea mays* L. in sabbia, Floyd and Ohlrogge, 1971); sempre nel mais il tasso di produzione di zuccheri totali nelle 20 ore è risultato di circa 15-20  $\mu\text{g}$  per apice radicale (Chaboud, 1983). Una interessante *review* dedicata alla rizoguaina definisce quest'ultima un tratto potenzialmente importante per aumentare in futuro la sostenibilità in agricoltura (Brown et al., 2017). La rizoguaina infatti contribuisce in vario modo ad aumentare la resistenza agli stress abiotici alleviando lo stress idrico (Basirat et al., 2019) e favorendo direttamente o indirettamente l'uptake di nutrienti come fosforo (Aslam et al., 2021; Brown et al., 2012; Haling et al., 2013), azoto (Wullstein et al., 1979, 1980; Othman et al., 2004) e zinco (Nambiar, 1976). La presenza di mucillagini aumenta inoltre la stabilità degli aggregati nel suolo in maniera considerevole. Un aumento immediato (ma transitorio) del 600% circa è stato osservato aggiungendo mucillagine di mais (2.45 g C  $\text{kg}^{-1}$ ) a un suolo di medio impasto (Morel et al., 1991). Traorè e co-autori (2000) hanno mostrato un aumento della stabilità degli aggregati quasi del 300% aggiungendo mucillagine radicale di mais (2 g C  $\text{kg}^{-1}$ ) a un suolo limoso. Un comparto meno studiato di prodotti rizosferici riguarda la spermosfera delle piante myxospermae, ovvero quelle i cui semi o diaspore producono mucillagine in fase di germinazione (Amato et al., 2018). Una zona limitata attorno al seme ma cruciale per l'attecchimento, specialmente in condizioni di erosione idrica o eolica potenziale, e comunque una zona che influisce sulla stabilità della superficie del suolo. Il seme di chia (*Salvia hispanica* L.), una specie myxosperma, durante la germinazione produce un biopolimero composto per il 93.39% di carboidrati, e fra questi il 22.02 % di acidi uronici, molto igroscopici e carichi elettricamente (Di Marsico et al., 2018a). Questo gel addizionato al suolo modifica la distribuzione diametrica dei pori (Amato et al., 2018), li occupa in parte (di Marsico et al., 2018b), è altamente igroscopico, adesivo e a conducibilità idrica variabile. Amato et al. (2018) e Di Marsico et al. (2018), mostrano come una aggiunta nel suolo del 2% in peso di mucillagine determina un aumento di stabilità degli aggregati compreso fra 100 e 200% in suolo franco e franco-argilloso e di quasi il 400% in suolo franco-sabbioso. Nonostante perdite di C per respirazione l'effetto è risultato persistente per almeno 30 giorni. Alla stabilità della superficie del

suolo contribuiscono sia le colture che le infestanti myxosperme (Ad es. *Capsella bursa pastoris* – Deng et al., 2015), che risultano pertanto anch'esse fornitrici di servizi ecosistemici ipogei

- d. I metodi di imaging dell'interfaccia suolo-seme durante la germinazione (imaging strutturale con tomografia a raggi X – Amato et al., 2018) e della rizosfera in laboratorio (tomografia a raggi X, neutroni, isotopi, risonanza magnetica – Roose et al., 2016) hanno mostrato in questo senso il loro potenziale nello svelare meccanismi e localizzazioni delle modifiche operate dalle strutture vegetali ipogee sull'ambiente circostante, che risultano rilevanti per resistenza e resilienza delle piante, e costituiscono al tempo stesso servizi ecosistemici. Amato et al. (2015) mostrano come la presenza di questi prodotti nella spermosfera comporti già dopo poche ore dalla semina la resistenza al *rainwash* e discutono la conseguente protezione del letto di semina dall'erosione.

Nell'insieme questi risultati mostrano l'enorme entità e la rapidità di fenomeni emergenti di aggregazione a seguito dell'aggiunta di essudati freschi, che hanno lo stesso tipo di eclatante effetto strutturante mostrato da Russel (1986) per i polisaccaridi fungini. L'effetto di questa sostanza organica fresca è importante per aggiornare le nostre idee sulle relazioni fra stabilità dei suoli e sostanza organica basate su composti più stabili come quelli designati come humus (Amato et al., 2018).

I gel polisaccaridici prodotti dagli organi ipogei, date le loro caratteristiche, si prestano però ad applicazioni che vanno oltre questi effetti. Il loro impiego come condizionatori naturali della stabilità del suolo è stato proposto da Di Marsico et al. (2018a). Nell'ambito dell'industria alimentare e salutistica Menga et al. (2017) mostrano che il gel di chia migliora le caratteristiche reologiche della pasta senza glutine, ma anche quelle nutraceutiche grazie al contenuto di antiossidanti, e ne riduce l'indice glicemico dato l'effetto di parziale sequestro degli amidi. Un crescente numero di lavori ne prova la multifunzionalità, con applicazioni che vanno dalla cura dell'obesità (grazie alla forte idratazione che causa senso di sazietà), alla sintesi di pellicole per l'aumento della shelf-life degli alimenti, all'uso come anticorrosivo per l'acciaio (v. in Menga et al., 2017).

Questo apre un ventaglio di servizi ecosistemici che va ben oltre l'ambito ipogeo, nello spirito di un'economia verde per la quale le strutture ipogee delle piante rappresentano un serbatoio ancora poco attinto ma di grandissimo potenziale.

## RIASSUNTO

Le radici delle piante sono oggetto di un crescente interesse della ricerca, in larga parte dedicata a studiarne il ruolo di ancoraggio, riserva ed acquisizione di risorse.

Gli organi ipogei però svolgono un ruolo chiave anche nel senso inverso della relazione suolo-pianta: le loro strutture, residui ed essudati, infatti, rappresentano il produttore primario nella dimensione sotterranea. I suoli sono il più grande serbatoio di carbonio (C) terrestre e la maggior parte del C organico ipogeo è di fatto C radicale: i meccanismi di stabilizzazione della sostanza organica determinano una conservazione selettiva del C radicale rispetto a quello di origine epigea (Rasse et al., 2005). La deposizione di carbonio è particolarmente importante negli strati profondi di suolo, ed il miglioramento genetico per la selezione di piante con radici profonde è stato individuato come mezzo per aumentare lo stock di carbonio, l'efficienza e la resilienza delle colture (Kell, 2011). I servizi ecosistemici ipogei vanno dalla mitigazione del cambiamento climatico alla protezione dall'erosione (Amato et al., 2004, 2018; Di Marsico et al., 2018) ed i meccanismi di rinforzo del suolo da parte delle radici rappresentano un hot-spot della ricerca (Wang et al., 2020). La relazione presenta risultati e strategie legate ai comportamenti degli organi sotterranei, i metodi tomografici di imaging per comprendere il ruolo delle "parti nascoste" della pianta per l'ecosistema, ed il potenziale dei prodotti vegetali sotterranei per lo sviluppo di materiali e tecnologie per la sostenibilità dei sistemi naturali e antropici.

## ABSTRACT

*Belowground plant parts and the environment: ecosystem services and roles.* Plant root systems are the object of a growing body of research, largely aimed at their functions for plant statics, storage of assimilates, and acquisition of resources. Below-ground organs, though, play a key role in the reverse direction of the soil-plant relation as well: their structures, residues and exudates represent the primary producer's underground dimension. Soils are the largest terrestrial carbon reservoir, and most organic soil-C is in fact root-C: different SOM (Soil Organic Matter) stabilization mechanisms lead to the selective preservation of root-C over shoot-C (Rasse et al., 2005). Root-C is especially important in deep soil, and breeding for deep roots has been envisaged as a mean to build-up C and improving crop efficiency and resilience (Kell, 2011). Ecosystem services provided by plant roots range from climate change mitigation to erosion protection (Amato et al., 2004, 2018; Di Marsico et al., 2018) and the soil reinforcement potential of plants roots is a research hotspot (Wang et al., 2020). The presentation will focus on results and different strategies linked to specific below-ground behaviours. Two case-studies will focus on the role of tomographic and imaging methods for understanding the role of the plant's "hidden parts" for the ecosystem, and the potential of below-ground plant products for the development of materials and technologies for the sustainability of natural and anthropic systems.

## REFERENCES

- AMATO M., LAPENNA V., ROSSI R., BITELLA G. (2012): *Chapter 11. Multi electrode resistivity imaging*, in S. Mancuso (ed.), *Measuring roots – an updated approach*, Springer-Verlag Berlin-Heidelberg-New York, pp. 189-212.
- AMATO M., BOCHICCHIO R., MELE G., LABELLA R., ROSSI R. (2018): *Soil structure and stability in the spermosphere of myxosdiaspore chia (Salvia hispanica L.)*, «Soil Research», 57, pp. 546-558 – <https://doi.org/10.1071/SR18182>.
- AMATO M., LANDI G., MAZZOLENI S. (2006): *Il contributo della vegetazione alla stabilità dei terreni in pendio. Meccanismi e variabilità dei processi*, in Urciuoli G. (ed.), *Questioni di Ingegneria Geotecnica*, Hevelius, pp. 105-125, ISBN 8886977760X.
- ASLAM M.M., KARANJA J.K., YUAN W., ZHANG Q., ZHANG J. & XU W. (2021): *Phosphorus uptake is associated with the rhizosheath formation of mature cluster roots in white lupin under soil drying and phosphorus deficiency*, «Plant Physiology and Biochemistry», 166, pp. 531-539.
- BACIC A., MOODY S. F. & CLARKE A.E. (1986): *Structural analysis of secreted root slime from maize (Zea mays L.)*, «Plant Physiology», 80 (3), pp. 771-777.
- BASIRAT M., MOUSAVI S.M., ABBASZADEH S., EBRAHIMI M. & ZAREBANADKOUKI M. (2019): *The rhizosheath: a potential root trait helping plants to tolerate drought stress*, «Plant and Soil», 445 (1), pp. 565-575.
- BROWN L.K., GEORGE T.S., NEUGEBAUER K. & WHITE P.J. (2017): *The rhizosheath – a potential trait for future agricultural sustainability occurs in orders throughout the angiosperms*, «Plant and Soil», 418 (1), pp. 115-128.
- BROWN L.K., GEORGE T.S., THOMPSON J.A., WRIGHT G., LYON J., DUPUY L. ... & WHITE P.J. (2012): *What are the implications of variation in root hair length on tolerance to phosphorus deficiency in combination with water stress in barley (Hordeum vulgare)?*, «Annals of Botany», 110 (2), pp. 319-328.
- CARMINATI A. & VETTERLEIN D. (2013): *Plasticity of rhizosphere hydraulic properties as a key for efficient utilization of scarce resources*, «Annals of Botany», 112 (2), pp. 277-290.
- CARMINATI A., BENARD P., AHMED M.A. & ZAREBANADKOUKI M. (2017): *Liquid bridges at the root-soil interface*, «Plant and Soil», 417 (1), pp. 1-15.
- CHABOUD A. (1983): *Isolation, purification and chemical composition of maize root cap slime*, «Plant and Soil», 73, pp. 395-402.
- CHENU C., GUÉRIF J. (1991): *Mechanical strength of clay minerals as influenced by an adsorbed polysaccharide*, «Soil Sci. Soc. Am. J.», 55, pp. 1076-1080.
- DENG W., HALLETT P.D., JENG D.S., SQUIRE G.R., TOOROP P.E., IANNETTA P.P.M. (2015): *The effect of natural seed coatings of Capsella bursa-pastoris L. Medik. (shepherd's purse) on soil-water retention, stability and hydraulic conductivity*, «Plant Soil», 387 (1-2), pp. 167-176.
- DI MARSICO A., SCRANO L., LABELLA R., LANZOTTI V., ROSSI R., COX L., PERNIOLA M., AMATO M. (2018a): *Mucilage From Fruits/Seeds Of Chia (Salvia hispanica L.) Improves Soil Aggregate Stability*, «Plant and Soil», 425 (1), pp. 57-69, doi: 10.1007/s11104-018-3565-1.
- DI MARSICO A., SCRANO L., AMATO M., GÀMIZ B., REAL M., COX L. (2018b): *Mucilage from seeds of chia (Salvia hispanica L.) used as soil conditioner; effects on the sorption-desorption of four herbicides in three different soils*, «The Science of the Total Environment», 625, pp. 531-538, doi:10.1016/j.scitotenv.2017.12.078.



- FAO (2009): Strategic framework 2009-2019 conference report Rome, 18-23 November 2009, 36 pp. <http://www.fao.org/3/k5864e01/k5864e01.pdf>.
- FLOYD R.A. & OHLROGGE A.J. (1971): *Gel formation on nodal root surfaces of Zea mays. Some observations relevant to understanding its action at the root-soil interface*, «Plant and Soil», 34 (1), pp. 595-606.
- GARDI C., BRENNI S., SOLARO S., PIAZZI M., PETRELLA F. (2007): *The Carbon Sequestration Potential of Soils: Some Data from Northern Italian Regions*, «Ital. J. Agron. / Riv. Agron.», 2007, 2, pp. 143-150.
- HALING R.E., BROWN L.K., BENGOUGH A.G., YOUNG I.M., HALLETT P.D., WHITE P.J. & GEORGE T.S. (2013): *Root hairs improve root penetration, root-soil contact, and phosphorus acquisition in soils of different strength*, «Journal of Experimental Botany», 64 (12), pp. 3711-3721.
- HASSAN R., SCHOLES R., ASH N. (2005): *Ecosystems and Human Well-Being: Current State and Trends*, Islandpress, Washington, 948 pp., ISBN 1-55963-227-5.
- KELL D.B. (2011): *Breeding crop plants with deep roots: their role in sustainable carbon, nutrient and water sequestration*, «Annals of Botany», 108 (3), pp. 407-418.
- KROENER E., ZAREBANADKOUKI M., KAESTNER A., CARMINATI A. (2014): *Nonequilibrium-water dynamics in the rhizosphere: how mucilage affects water flow in soils*, «Water Resources Research», 50 (8), pp. 6479-6495, doi:10.1002/2013WR014756.
- LAL R. (2004): *Soil Carbon Sequestration Impacts on Global Climate Change and Food Security*, «Science», 304, pp. 1623-1627.
- LORENZ K. AND LAL R. (2018): *Soil Carbon Stock*, in *Carbon Sequestration in Agricultural Ecosystems*, Springer, pp. 39-136, DOI:10.1007/978-3-319-92318-5\_2.
- MENGA V., AMATO M., PHILLIPS T.D., ANGELINO D., MORREALE F., FARES C. (2017): *Gluten-free pasta incorporating chia (Salvia hispanica L.) As thickening agent: an approach to naturally improve the nutritional profile and the in vitro carbohydrate digestibility*, «Food Chem», 221, pp. 1954-1961.
- MOODY S.F., CLARKE A.E. & BACIC A. (1988): *Structural analysis of secreted slime from wheat and cowpea roots*, «Phytochemistry», 27 (9), pp. 2857-2861.
- MOREL J.L., HABIB L., PLANTUREUX S. & GUCKERT A. (1991): *Influence of maize root mucilage on soil aggregate stability*, «Plant and Soil», 136 (1), pp. 111-119.
- OBER E.S., ALAHMAD S., COCKRAM J., FORESTAN C., HICKEY L.T. ET AL. (2021): *Wheat root systems as a breeding target for climate resilience*, «Theoretical and Applied Genetics», 134, pp. 1645-1662.
- OTHMAN A.A., AMER W.M., FAYEZ M. & HEGAZI N.A. (2004): *Rhizosheath of Sinai desert plants is a potential repository for associative diazotrophs*, «Microbiological Research», 159 (3), pp. 285-293.
- RASSE D.P., RUMPEL C. & DIGNAC M.F. (2005): *Is soil carbon mostly root carbon? Mechanisms for a specific stabilisation*, «Plant and Soil», 269 (1), pp. 341-356.
- RICHARDS R.A. AND PASSIOURA J.B. (1989): *A breeding program to reduce the diameter of the major xylem vessel in the seminal roots of wheat and its effect on grain yield in rain-fed environments*, «Australian Journal of Agricultural Research», 40, pp. 943-950.
- ROOSE T., KEYES S.D., DALY K.R., CARMINATI A., OTTEN W., VETTERLEIN D. & PETH S. (2016): *Challenges in imaging and predictive modeling of rhizosphere processes*, «Plant and Soil», 407, pp. 9-38.
- RUSSELL E.W (1986): *Russell's Soil Conditions and Plant Growth*, Longman, Harlow.
- TRAORÉ O., GROLEAU-RENAUD V., PLANTUREUX S., TUBEILEH A. & BOEUF-TREMBLAY V.

- (2000): *Effect of root mucilage and modelled root exudates on soil structure*, «European Journal of Soil Science», 51 (4), pp. 575-581.
- UNITED NATIONS GENERAL ASSEMBLY (2015): *Transforming our world: the 2030 Agenda for Sustainable Development*, Resolution adopted by the General Assembly on 25 September 2015 n. 70.1 15-16301 (E) pp 35, <https://undocs.org/A/RES/70/1>.
- WANG C., ZHANG X., LIU J., WANG B., LI Y. & LI Q. (2020): *The profiles and tensile strength on straight roots of plants withstand transient tensile injured after self-repair*, «Scientific Reports», 10 (1), pp. 1-9.
- WATT M., MCCULLY M.E., CANNY M.J. (1994): *Formation and stabilisation of rhizosheaths of Zea mays L. Effect of soil water content*, «Plant Physiology», 106, pp. 179-186.
- WULLSTEIN L.H. (1980): *Nitrogen fixation (acetylene reduction) associated with rhizosheaths of Indian ricegrass used in stabilization of the Slick Rock, Colorado tailings pile*, «Rangeland Ecology & Management/Journal of Range Management Archives», 33 (3), pp. 204-206.
- WULLSTEIN L.H., BRUENING M.L. & BOLLEN W.B. (1979): *Nitrogen fixation associated with sand grain root sheaths (rhizosheaths) of certain xeric grasses*, «Physiologia Plantarum», 46 (1), pp. 1-4.
- ZHANG Z., PONG X. (2021): *Bio-tillage: A new perspective for sustainable agriculture*, «Soil & Tillage Research», 206, 104844.



ROSARIO DI LORENZO<sup>1</sup>, STEFANO PUCCIO<sup>1</sup>

## Le radici del vigneto italiano: passato, presente, futuro

<sup>1</sup> Dipartimento di Scienze Agrarie, Alimentari e Forestali, Università degli Studi di Palermo

Nell'accingersi a riflettere su quali saranno le radici – in senso letterale o figurato – della viticoltura del nostro Paese, o per meglio dire quali dovrebbero essere nei prossimi decenni, è fondamentale tenere in conto i fattori che nel corso della storia hanno determinato, per necessità o per opportunità, le scelte che hanno portato all'odierno utilizzo dei portinnesti e alla maggiore diffusione di alcuni di questi nei vigneti italiani.

Fino all'agosto del 1879, data della prima nota ufficiale sulla presenza della fillossera (*Daktulosphaira vitifoliae*, Fitch.) in Italia, la viticoltura del nostro Paese, così come dell'intero continente europeo, si caratterizzava per piante con apparati epigeo e ipogeo costituiti unicamente dalla specie *Vitis vinifera* (viticoltura pre-fillosserica). La vite veniva quindi propagata per via vegetativa mediante talea e propaggine e l'innesto era praticato solamente per la sostituzione di piante improduttive o nella necessità di rimpiazzare varietà risultate poco idonee alla coltivazione in determinati ambienti pedo-climatici.

L'avvento dell'afide dal Nord America a mezzo di piante infette d'importazione, sebbene rischiasse di mettere in ginocchio la viticoltura europea, e con questa interi apparati socio-economici, spinse le autorità scientifiche e governative di quegli anni a un'azione comune senza precedenti finalizzata al contrasto di quello che probabilmente era l'evento più nefasto che avesse mai minacciato i vigneti fino a quel momento. Infatti, dopo i vani tentativi di contrastare la fillossera in maniera diretta, con la contrapposizione di chi sosteneva la necessità di estirpare le piante infette, chi di contrastarla chimicamente (si ricordi il largo uso di solfuro di carbonio) o meccanicamente attraverso la sommersione dei vigneti, si colse l'opportunità di utilizzare le specie di origine americana per la costituzione di ibridi *produttori diretti* (strada che non diede risultati soddisfacenti) ma soprattutto di portinnesti sui quali poter

innestare le varietà già coltivate nel nostro Paese e mantenere la produzione di vino in Europa. Da lì ebbe inizio una nuova era per la viticoltura (viticoltura post-fillosserica): studiosi provenienti dall’America e dalla Francia, Paesi loro malgrado inizialmente responsabili della diffusione dell’afide, collaborarono proficuamente con quelli italiani, ungheresi, spagnoli, svizzeri, portoghesi, per la larga sperimentazione di nuove varietà di portinnesto che potessero adattarsi con buoni risultati alle diverse condizioni e ai diversi scopi produttivi. Ecco che da una necessità la viticoltura rinasceva con ben nuove opportunità. Il portinnesto, le radici dunque, si ergevano a simbolo di questa rinascita.

Ad oggi si stima che oltre l’85% della viticoltura mondiale sia innestata e le varietà più utilizzate siano tra le settanta e le ottanta; tuttavia, solo dieci di queste rappresentano il 90% di quelle più largamente diffuse (Ollat et al., 2016). Inoltre, nonostante siano conosciute oltre trenta specie del genere *Vitis*, quelle utilizzate per la costituzione di portinnesti si riduce a otto (*V. berlandieri*, *V. rupestris*, *V. vinifera*, *V. riparia*, *V. candicans*, *V. champini*, *V. solonis*, *V. caribea*), nove se si considera la *Vitis rotundifolia* appartenente al sottogenere *Muscadinia*. Da queste sono stati selezionati nel corso degli anni sia ibridi semplici (specie americana x specie americana o specie americana x *V. vinifera*) o complessi (specie americana x specie americana x *V. vinifera*).

Nel Registro Nazionale delle varietà di Vite, nella sezione “portinnesti”, sono iscritte 46 varietà: il 71,8 % è stato iscritto tra il 1971 e il 1990; il 13% tra il 1991 e il 2010 e il 15,2% (7 portinnesti) dopo il 2010, grazie agli sforzi delle università di Milano, Bologna e di Pannonia con i quattro ibridi M, gli Star 50 e 74, i Georgikon 28 e Kober 5BB (fig. 1).

I portinnesti utilizzati nel 2019 per l’impianto dei vigneti con barbatelle selvatiche (dati del Servizio Nazionale Certificazione Vite) sono principalmente ibridi di *V. berlandieri* x *V. rupestris*, come 140Ru (58,8%), 1103P. (25,4%) e 775 P. (4%), mentre per la produzione di barbatelle innestate il vivaismo nazionale ha utilizzato come portinnesto ibridi *V. berlandieri* x *V. riparia* tra cui Kober 5BB (33,2%), SO4 (16,8) e il 420A (2,9%) oltre che ibridi *V. berlandieri* x *V. rupestris* come 1103P. (21%), 110R (13,3%) e 140Ru. (4,8%) (fig. 2).

Riportare questi dati aiuta a comprendere come il “nuovo” vigneto italiano, impiantato nel 2019, abbia utilizzato per oltre il 90% soltanto sette varietà di portinnesti, tutte selezionate tra il 1869 e il 1920 ed iscritte nel Registro nazionale nel 1971. Considerazioni simili possono essere fatte per la viticoltura francese, dove il 61% delle varietà iscritte è rappresentato da ibridi di *V.berlandieri*, *V.riparia*, *V.rupestris* e *V.vinifera* e il 50% circa dei portinnesti utilizzati è rappresentato dai soli SO4, 110 R, 3309 (Fonte: planetgrape. planet-project.org).

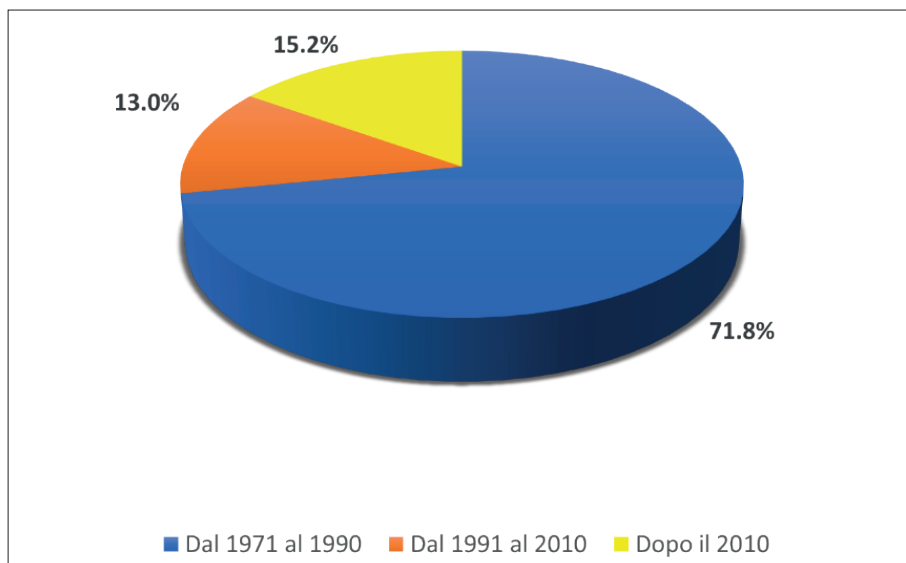


Fig. 1 *Iscrizione dei portinnesti al Registro Nazionale dagli anni '70 (Fonte: Registro Nazionale delle Varietà di Vite)*

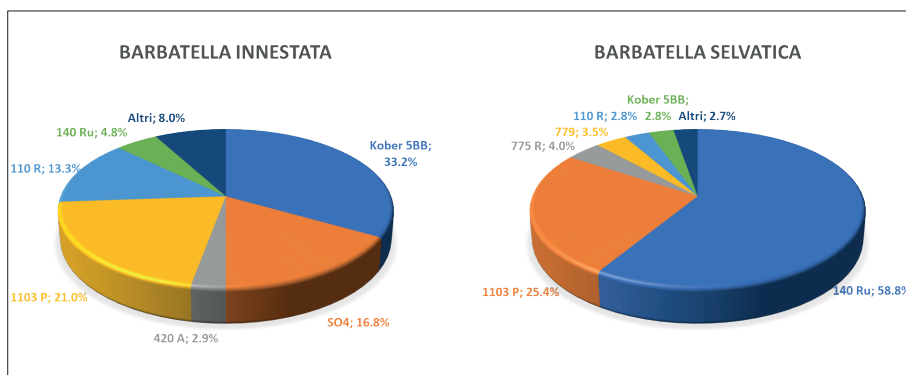


Fig. 2 *Portinnesti più utilizzati nella viticoltura italiana (Fonte: Registro Nazionale delle Varietà di Vite)*

Ciò solleva inevitabilmente parecchi quesiti e riflessioni: la componente genetica dell'apparato radicale del nuovo vigneto italiano è idonea per le sfide della viticoltura del prossimo ventennio? Le problematiche poste dal cambiamento climatico, dalle esigenze di sostenibilità del sistema viticolo, dalla necessità di raggiungere obiettivi produttivi diversi e di garantire alla viticoltura una capacità competitiva rispetto ad altri comparti produttivi, possono essere

affrontate in modo efficace con portinnesti selezionati nel secolo scorso per necessità assai differenti da quelle che si palesano attualmente?

È ovvia la necessità per il comparto di tornare a porre grande attenzione al portinnesto e quindi all'apparato radicale della vite, ricordando che già Democrito (460-370 a.C.) sosteneva: «Gli alberi possono essere paragonati ad uomini capovolti, con la testa infissa nel suolo e i piedi in aria», le radici dunque sono il centro di comando. La ricerca riconosce il ruolo potenziale del portinnesto sulla fenologia, sullo sviluppo vegetativo delle piante, sull'adattamento e sulle risposte a differenti condizioni abiotiche e biotiche, sull'assorbimento e traslocazione di acqua e nutrienti, gli effetti sul microbioma e sulla quantità e qualità delle produzioni. Oggi c'è la consapevolezza, come è dimostrato da progetti di ricerca nazionali (Progetto Ager Serres, Università di Milano e di Bologna, Vivai Cooperativi Rauscedo) e internazionali, attività editoriali (*VINIFERA-Ripartiamo dalle Radici* edizione AssoEnologi) e simposi (*Proceedings of the I International Symposium on Grapevine roots*, ISHS 2016) di riprendere gli studi sui portinnesti. Il portinnesto è uno strumento agronomico di elevato valore per dare risposte alle attuali problematiche della viticoltura sopracitate.

Risulta quindi fondamentale avviare programmi di ricerca mirati allo studio dei portinnesti già selezionati, alla valorizzazione della variabilità inter- ed intra-specifica, ma anche porre attenzione al miglioramento genetico servendosi di nuove metodologie, come l'utilizzo di marcatori molecolari e le potenzialità che da esse derivano, senza dimenticare l'importanza della valutazione in campo delle nuove selezioni. A tale scopo quindi la realizzazione di parcelle sperimentali in differenti condizioni bio-agronomiche adottando protocolli rigorosi e condivisi e da qui un'analisi dei dati acquisiti attraverso il confronto fra ricercatori che mettano insieme diverse competenze e sviluppando programmi Nazionali che vedano partecipi tutti gli Attori della Filiera vitivinicola.

#### ABSTRACT

The "roots" of the Italian vineyard: past, present and future. Until 1879, year of the first reported phylloxera (*Daktulosphaira vitifoliae* Fitch.) infestation in Italy, the vine plants were vegetatively propagated by cutting and offshoot (pre-phylloxera viticulture).

Grafting was practiced only to replace unproductive plants or unsuitable varieties. The vines were therefore characterized by having a root and aerial system of the same species: *Vitis vinifera*.

Post-phylloxera viticulture, on the other hand, was characterized by the genetic diversity between the root system, in which is also present genetic material of species of the genus

*Vitis* of American origin, and the aerial system, still represented by *Vitis vinifera*. To date, over 85% of world viticulture is grafted and only 10 varieties of rootstocks represent 90% of the total rootstocks used. In the Italian National Register of Vine Varieties are registered 46 varieties of rootstocks: 71.8% were registered between 1971 and 1990; 13% between 1991 and 2010 and 15.2% (7 rootstocks) after 2010. The rootstocks used in 2019 for planting vineyards (data from SNCV, National Vine Certification Service) are 140Ru, 1103P, and 775P, inter-specific crosses of American species *V. berlandieri* x *V. rupestris*. For the production of grafted cuttings instead, the national nursery used Kober 5BB, SO4 and 420A (*V. berlandieri* x *V. riparia*) and 1103P, 110R and 140Ru (*V. berlandieri* x *V. rupestris*). So the “Roots” of the new Italian vineyard, planted in 2019, used over 90% of only 7 varieties of rootstocks, all selected between 1869 and 1920 and registered in the Italian National Register of Vine Varieties in 1971. Similar considerations can be made for French and Spanish viticulture. These data inevitably raise reflections and doubt: is the genetic component of the root system of the new Italian vineyard suitable for the viticulture challenges of the next twenty years? Can the problems deriving from climate change, from the need for sustainability, from the need to achieve different production objectives be dealt effectively with rootstocks selected in the last century? And can it guarantee the competitiveness of viticulture compared to other production sectors? It is obvious the need to re-focus on rootstock and, therefore, to the root system of the vine.

The research recognizes the role of rootstocks on phenology, vegetative development of plants, adaptation and responses to different abiotic and biotic conditions, absorption and translocation of water and nutrients, effects on the microbiome and the quantity and quality of productions. Today there is awareness, as demonstrated by national research projects and international publishing activities and Symposiums to resume studies on rootstocks. It is therefore urgent for Italian viticulture to start research and genetic improvement programs on rootstocks in order to identify, establish and register new varieties of rootstocks, study rootstocks already constituted but not used by grapevine nurseries, enhance the wide but little explored inter- and intra-specific variability of genus *Vitis* and adopt the most modern technologies of breeding and evaluation of accessions by developing National programs that involve all the necessary skills and all the actors of the wine sector.

#### REFERENZE BIBLIOGRAFICHE

- AA.VV. (2019): *Vinifera, ripartiamo dalle radici*, Assoenologi.  
 LENTINI R. (2015): *L'invasione silenziosa. Storia della fillossera nella Sicilia dell'800*, Torri del vento Edizioni.  
 OLLAT N., TOUZARD J.M. E VAN LEEUWEN C. (2016): *Climate change impacts and adaptations: New challenges for the wine industry*, «Journal of Wine Economics», 11 (1), pp. 139-149.

MARCO NUTI<sup>1</sup>, LAURA ERCOLI<sup>1</sup>

## La società invisibile e le radici delle piante coltivate

<sup>1</sup> Scuola di Studi Superiori Sant'Anna, Pisa

Anche se si parlava di salute del suolo già nel 1948 all'Accademia dei Georgofili, in occasione della inaugurazione dei lavori della FAO, bisogna arrivare al 1995 per trovare i primi tentativi di definizione di questo concetto (Warkentin, 1995). Negli ultimi 15 anni è apparso sempre più chiaro che esiste una relazione tra salute (spesso detta anche qualità) del suolo, salute delle piante e salute dell'uomo. Ciò grazie alle acquisizioni dei metodi di studio del microbiota e del microbioma di piante ed animali (uomo incluso) che hanno consentito di cominciare a definirne i tre parametri caratterizzanti: la densità, la diversità e la funzionalità. È così che è emerso il concetto di One Health che unisce la salute del pianeta con la salute umana (Atlas, 2013; Wolf, 2015; Destoumieux-Garzón et al., 2018), passando attraverso l'intera catena alimentare come sottolineato da Bevivino et al. (2020). Il microbioma del suolo, dell'interfaccia suolo/pianta e delle piante sono essenziali per la salute delle piante e per una produzione primaria sostenibile (McGully, 2012; McNear, 2013; Xiong et al., 2020; Nuti, 2021).

Per quanto riguarda la densità del microbiota, nell'interfaccia suolo/pianta, cioè in rizosfera (inclusa la rizoplanea) si raggiungono in media  $10^{10}$ - $10^{11}$  cellule per grammo di terreno, circa due-tre logaritmi in più rispetto al suolo non rizosferico. Questa densità è seconda, nella biosfera, soltanto alla densità del microbiota intestinale umano, che raggiunge  $10^{13}$  cellule per grammo di fluido intestinale. I microrganismi nel suolo e nella rizosfera, come in fillosfera, caulosfera, spermatosfera, necrosfera, non vivono mai da soli (Selosse, 2019) ma in micro- o macrocolonie formate dagli stessi individui o da cellule di specie o generi diversi. La loro diversità è alla base della loro funzionalità, nel senso che quanto maggiore è la diversità del microbiota tanto maggiore è la loro capacità di svolgere bene le loro funzioni, potendo all'occorrenza mutuare le

funzioni di una sottopopolazione che dovesse soccombere per uno stress ambientale o nutrizionale. La salute o qualità del suolo può esser definita come la «capacità continua del suolo a funzionare come un ecosistema vivente che sostiene piante, animali ed esseri umani» (National Resources Conservation Service, 2019 <https://www.nrcs.usda.gov/wps/portal/nrcs/main/soils/health/>) senza diventare degradato o capace di danneggiare l'ambiente (Warkentin, 1995; Buneman et al., 2018).

I parametri per definire lo stato di «salute» di un terreno agrario, sempre in relazione ad una zona pedo-climatica e alla gestione agronomica (E.K. Bunemann, [www.isqaper-project.eu](http://www.isqaper-project.eu), 2016-2020) sono le proprietà (a) chimiche (pH, C, N, P, S, micro-elementi, sostanza organica); (b) fisiche (tessitura, macro- e micro-aggregati); (c) biochimiche (attività enzimatiche) e (d) biologiche: microbiota (densità, composizione, struttura). Particolare attenzione dovrà essere posta alla relazione esistente tra gli aggregati (macro-, micro-aggregati e micro-aggregati occlusi) in quanto la presenza del microbiota è maggiore a livello di questi ultimi due, sia per i microrganismi eucarioti che procarioti (Piazza et al., 2019).

Gli articoli scientifici sulla identificazione tassonomica di membri del microbiota sono in continua crescita dal 2007 ad oggi, grazie alle nuove tecniche di sequenziamento del DNA e della metagenomica (Chu et al., 2020). Anche se la composizione del microbiota terricolo e rizosferico non può considerarsi compiutamente descritta, già appare che sia nel terreno che in rizosfera vi sono comunità “core” che caratterizzano tipi di gestione agronomica diversi. Queste comunità sono sia batteriche che fungine e possono essere associate al profilo e al tipo di aggregati del terreno, a determinati cicli biogeochimici come quello del carbonio, dell'azoto o dello zolfo, oppure alle rese di colture in pieno campo (Piazza et al., 2019, 2021). Anche se i dati disponibili sono limitati ad alcune colture e ottenuti in sistemi controllati, la composizione e il funzionamento del microbioma iniziale di un terreno possono predeterminare la salute delle piante che vi vengono coltivate: utilizzando rhizobox e piante di pomodoro, Wei et al. (2019) hanno trovato che nel suolo dove sono cresciute piante sane vi è una preponderanza di Alphaproteobacteria, Firmicutes e Cyanobacteria, mentre nello stesso tipo di suolo dove sono cresciute piante malate vi è una preponderanza di Acidobacteria, Actinobacteria e Verrucomicrobia.

L'utilizzazione di particolari elaborazioni grafiche come l'analisi netshift consente oggi di descrivere le interconnessioni positive o negative che intercorrono tra le varie unità tassonomiche, facendo intravedere la possibilità di gestire agronomicamente le complesse relazioni tra gruppi microbici diversi tra loro. Alla base di queste interazioni non bisogna dimenticare che i microrganismi parlano tra di loro e reagiscono ai segnali che ricevono, parlano

alle piante soprattutto all'interfaccia del suolo con la radice e reagiscono ai segnali che le piante inviano, parlano agli organismi animali e reagiscono ai segnali che questi mandano loro. I linguaggi dei microbi comprendono innanzitutto parole o segnali biochimici quali acil- e aril-omoserina delta lattoni (per il quorum sensing cioè per segnalare all'interno di una popolazione i pericoli esterni o una maggior disponibilità di cibo), acetil-glucosammina e lipo-chito-oligosaccaridi (nella conversazione molecolare tra rizobi e piante leguminose), fito-ormoni, alfa-pirone, dialchil-resorcinoli, i composti volatili. Ma comunicano tra loro anche con i suoni (emissione di onde sonore in *Bacillus subtilis* tra 8 e 43 kHz con picchi a 8.5, 19, 29 e 37 kHz), con l'emissione di luminescenze (l'ossidazione di una aldeide alifatica a lunga catena e di flavin-mononucleotide ridotto genera energia in eccesso che viene dissipata come bioluminescenza verde/blu a 490 nm), con l'elettricità (trasferimento di elettroni extracellularmente in ambienti poveri o senza ossigeno). È così che i rizobi possono formare noduli azotofissatori sulle radici delle leguminose sia da foraggio che da granella, è così che oltre l'80% delle piante nella biosfera entra in simbiosi con i funghi micorrizici. È così che in natura le termiti possono degradare la ligno-cellulosa e nutrire le regine del termitaio con l'indispensabile apporto del microbiota intestinale rappresentato da batteri attinobatteri e microfunghi (Pasti et al., 1990) o i ruminanti far funzionare il microbioma simbiote per la loro nutrizione (Wolf e Metcalf, 2005). È così che gli esseri umani comunicano attraverso il nervo vago con il microbioma intestinale che, formato da un numero di cellule superiore di un logaritmo rispetto alle cellule che compongono l'intero corpo umano, rappresenta il nostro secondo cervello.

Le alterazioni o disbiosi del nostro microbioma sono collegate ormai con una ventina di stati patologici (Johnson, 2020) e il malfunzionamento o alterazione del microbioma intestinale potrebbe essere strettamente collegato con una disfunzione dei sistemi di comunicazione tra il micro- ed il macro-simbiote. Il legame tra microbioma e l'ospite simbiote è così stretto che si parla di co-evoluzione del microbioma intestinale, come nel caso della tartaruga *Caretta caretta* (Scheelings et al., 2020).

Ecco che ormai si parla in tutti questi casi di olo-bionti, siano essi piante o animali, cioè di super-organismi formati in modo stabile da più organismi con funzioni complementari tra loro. In agricoltura, alcune di queste simbiosi forniscono servizi ecosistemici di notevole rilevanza economica: si calcola che l'azotofissazione simbiotica delle leguminose fornisca ogni anno su scala globale 40 milioni di tonnellate di azoto per un valore economico di 63 miliardi di dollari US (GRDC, 2012, [www.coretext.com.au](http://www.coretext.com.au)).



L'uso dei microrganismi in agricoltura è un mezzo di produzione consolidato nel tempo: per i rizobi dal 1896, per *Bacillus thuringiensis* dal 1937, per i funghi micorrizici dalla metà del secolo scorso. Il solo mercato dei microrganismi usati come biopesticidi è di oltre 70 miliardi di dollari US su base annuale. Studi nell'area mediterranea mostrano con chiarezza che i vantaggi agronomici dell'uso dei rizobi, come promotori di crescita, sono notevoli anche su cereali (Yanni et al., 2016). Non sono disponibili, su scala globale, i valori economici dei servizi ecosistemici forniti dai funghi micorrizici, anche se è presumibile che essi superino quelli limitati alla sola azotofissazione simbiotica dei rizobi, considerando l'estensione della simbiosi micorrizica nella biosfera. In uno studio di meta-analisi, Pellegrino et al. (2015) hanno messo in evidenza che l'inoculo del frumento con funghi micorrizici come biofertilizzanti permette l'aumento significativo di: parte aerea, paglia, granella, indice di raccolta, fosforo della parte aerea e della paglia, concentrazione e contenuto dell'azoto della parte aerea, azoto e zinco della granella.

E veniamo ai cambiamenti climatici. Questi consistono principalmente in aumento del riscaldamento globale, alterazioni delle precipitazioni, aumento di emissioni di anidride carbonica, cambio d'uso del territorio, deposizione di azoto dall'atmosfera, aumento di nutrienti (eutrofizzazione). Potremmo immaginare questi cambiamenti come rappresentati da ingranaggi di una macchina complessa (l'ambiente della biosfera): quando s'innesca il movimento di un ingranaggio, anche gli altri sono costretti a muoversi, e tutti insieme possono influenzare ed essere influenzati dal microbiota terricolo. I biota del suolo e della pianta influiscono sugli ecosistemi (Wagg et al., 2019) soprattutto per quanto riguarda gli effetti della perdita di biodiversità: viene da un lato comprovata l'importanza delle interazioni microbiche all'interno e tra le comunità batteriche e fungine per l'aumento della funzionalità degli ecosistemi e dall'altro viene dimostrato che l'estinzione delle complesse associazioni nel terreno può danneggiare il funzionamento dell'intero ecosistema. Trivedi et al. (2016) hanno dimostrato con uno studio di meta-analisi che l'intervento antropico, come la gestione agronomica, influisce significativamente sul microbiota.

L'avanzamento delle conoscenze sulla metagenomica del suolo e gli studi spaziali delle comunità microbiche e delle caratteristiche molecolari delle comunità microbiche possono essere utilizzate come bio-marcatori dei processi ecosistemici per monitorare e gestire la salute del suolo in una situazione di cambiamenti globali. Lo studio ha evidenziato una decisa tendenza statistica dell'abbondanza relativa di diversi *phyla* batterici in sistemi agricoli, ad esempio l'aumento di Actinobacteria e Chloroflexi, nei confronti di sistemi naturali, con l'aumento di Acidobacteria, Proteobacteria e Cyanobacteria; queste tendenze significative sono correlate con molti parametri fisico-chimici del

suolo, anche se gli effetti della gestione agronomica sulle proprietà del suolo e sulla produttività sono bioma-dipendenti. Infine un altro recente, accurato studio di meta-analisi (Zhou et al., 2020) dimostra che i cambiamenti climatici influiscono sulla diversità e funzionalità del (micro)biota suolo/pianta. Sono stati analizzati 1235 fattori di cambiamento globale (FCG) ed è emerso che le specie microbiche rare sono più sensibili ai FCG rispetto alle specie comuni, mentre non sempre questi fattori portano ad una riduzione della diversità microbica. I cambiamenti indotti dai FCG per l'alfa-diversità microbica possono essere interpretati come effetto del cambiamento del pH del suolo. Inoltre l'impatto dei FCG sulla funzionalità dipendono dalla struttura delle comunità microbiche e dalla biomassa piuttosto che dall'alfa-diversità. Questi nuovi risultati forniscono una chiave per le politiche di conservazione della biodiversità microbica in una situazione di cambiamento globale.

Speriamo che altri elementi decisionali si aggiungano ai molti già esistenti e che i *decision-makers* basino sempre più le loro scelte politiche sui dati che la scienza offre, in modo da non trovarsi nella scomoda posizione di ragionare con la testa già semi-sommersa nell'acqua come ben rappresentato dalla scultura del 2021 di Isaac Cordal che si trova a Berlino e si intitola *Politici che discutono sul cambiamento climatico*.

È per tutti questi fattori d'incertezza o (in)colpevole ritardo che riteniamo proporre l'adozione sollecitata della "Carta dei diritti dei microbi" (Nuti, 2021) che riporta i seguenti punti: (1) Il diritto ad esistere in quanto esseri viventi: i microbi sono esseri viventi al pari di tutti gli altri esseri viventi ed hanno pari diritti degli altri esseri viventi, il primo dei quali è quello di essere liberi di esistere. (2) Il diritto alla salute dei comparti ambientali: i microbi hanno il diritto, al pari di tutti gli altri esseri viventi, alla loro salute nell'ambiente nel quale vivono, nei suoi comparti ambientali e cioè suolo, acqua ed aria, senza essere minacciati dalla immissione di composti non degradabili o tossici. (3) Il diritto alla pacifica convivenza con i bioti vegetali: per miliardi di anni i microbi hanno vissuto contribuendo all'evoluzione di forme di vita più complesse e alla salute di queste forme di vita. Pertanto i microbi hanno il diritto di poter convivere con le piante, con le quali hanno stabilito, fin dalla comparsa di queste ultime sul nostro pianeta, rapporti di convivenza e di cooperazione, aiutandole a nutrirsi e crescere in salute. (4) Il diritto alla pacifica convivenza con i bioti animali: i microbi hanno il diritto di poter convivere con tutti gli animali, con i quali hanno stabilito, fin dalla comparsa di questi ultimi sul nostro pianeta, rapporti di convivenza e di cooperazione, aiutandoli a nutrirsi (dalle termiti ai ruminanti agli esseri umani) e a crescere in salute. (5) Il diritto alla pacifica convivenza con i bioti microbici: i microbi hanno il diritto di poter convivere con tutti gli altri microorganismi, con i quali hanno

stabilito rapporti di convivenza e cooperazione nella dinamica dei cicli biogeochimici su questa Terra, nella trasformazione delle rocce in terreno, nell'agire da promotori di tutte le catene alimentari, nell'agire da promotori delle trasformazioni delle materie prime in alimenti.

#### RIASSUNTO

Che da piante sane possa dipendere una sana alimentazione per gli animali e gli esseri umani è considerato intuitivo. Ma che la salute e benessere delle piante dipenda dalla salute e benessere del suolo è concetto sostanziato sperimentalmente in tempi recenti, in particolare per quel che riguarda l'interfaccia tra il suolo e le radici delle piante. Infatti, mentre la cognizione della predisposizione del suolo ad ospitare la crescita delle piante coltivate risale ad almeno 6000 anni fa (i libri cinesi *Yugong* e *Zhouli* scritti durante le dinastie Xia e Zhou; Harrison et al, 2010) e si arricchisce durante la civiltà egizia e quella romana, è solo dagli anni '90 del secolo scorso che s'incomincia a parlare di "salute" del suolo, riferita anche come "qualità" del suolo. Il termine "salute del suolo" ha la sua origine nella osservazione che la qualità del suolo influenza la salute umana ed animale attraverso la qualità delle colture agrarie (Warkentin, 1995). Essa può esser definita come la "capacità continua del suolo a funzionare come un ecosistema vivente che sostiene piante, animali ed esseri umani" (National Resources Conservation Service, 2019 <https://www.nrcs.usda.gov/wps/portal/nrcs/main/soils/health/>) senza diventare degradato o capace di danneggiare l'ambiente (Buneman et al., 2018). I parametri per definire lo stato di "salute" di un terreno agrario (sempre in relazione ad una zona pedo-climatica ed alla gestione agronomica; E.K. Bunemann, [www.isqaper-project.eu](http://www.isqaper-project.eu), 2016-2020) comprendono le proprietà: chimiche (pH, C, N, P, S, micro-elementi, sostanza organica), fisiche (tessitura, macro- e micro-aggregati), biochimiche (attività enzimatiche) e quelle biologiche (densità, composizione, struttura del micro- meso- e macro-biota, densità e biodiversità delle sotto-popolazioni). L'interfaccia suolo/pianta consente ad una sotto-popolazione del microbiota terricolo, dopo un intensissimo scambio di segnali bio-molecolari con le radici emergenti, di colonizzare la pianta stessa a livello di radice (rizoplane, endo- ed eso-rizosfera), di caule (endo- ed eso-caulosfera), di foglie (endo- ed eso-fillosfera). Si ritiene oggi che il ruolo degli endofiti sia da rivalutare rispetto al passato, soprattutto in termini di contributo alla difesa e nutrizione della pianta, tanto che quest'ultima è considerata un olo-bionte, cioè un super-organismo formato da due diverse entità biotiche, il vegetale e il microbiota. Questa nuova visione è sostanziata dalle evidenze che il microbiota induce variazioni essenziali di espressione genica nel vegetale, quand'anche non si consideri che i microrganismi sono capaci di trasmettere nuove informazioni genetiche alla pianta, trasformandole. In quali termini queste interazioni biocenotiche si traducono in una concreta gestione agronomica sostenibile? In un quadro di un'agricoltura che deve sostenere una domanda crescente di cibo, sia in quantità che qualità, nella metà nascosta degli ecosistemi e cioè i terreni agrari, la rizosfera è la parte più attiva di questa frontiera, nella quale i processi biogeochimici influenzano la nutrizione della pianta e il biota terricolo determina la capacità della pianta a reagire agli stress ambientali (ad es. i cambiamenti climatici) e biotici (ad es. i fitopatogeni) (McNear, 2013). Sfida epocale per specialisti agronomi, chimici, economisti, fisiologi, genetisti, microbiologi, sociologi e per la società

civile in generale. Considerando che sia per il biota terricolo che per le interazioni pianta-microorganismi sono la cooperazione e l'interazione funzionale a prevalere, indicherei come prioritarie per la ricerca le aree della selezione di sistemi colturali in grado di potenziare l'accumulo di carbonio, la sua protezione fisica nel terreno e, congiuntamente, della selezione di piante con sistemi radicali che meglio rispondono agli stimoli microbici ed interagiscono con i microorganismi rizosferici. Se riusciremo a riportare i terreni agrari ad un maggior stato di "salute", a coltivare piante sane e ben dotate di principi nutrizionali appropriati, forse potremo affrontare la salute umana ed animale con una prospettiva di vera sostenibilità ambientale.

#### ABSTRACT

It is an intuitive concept that healthy nutrition for animals and humans depend on healthy plants. But only recently it was experimentally substantiated that the health and well-being of plants depends on the health and well-being of the soil, and specifically of the interface between the soil and the roots of plants. While the concept of the ability of soil to sustain cultivated plants dates back to at least 6000 years ago (the Chinese books *Yugong* and *Zhouli* written during the Xia and Zhou dynasties; Harrison et al, 2010) and is further supported and extended during the Egyptian civilization and the Roman one, it is only from the '90s of the last century that we began to talk about soil "health", also referred to as soil "quality". The term "soil health" originates from the observation that soil quality affects human and animal health through the quality of agricultural crops (Warkentin, 1995). It can be defined as the "continuous capacity of the soil to function as a living ecosystem that supports plants, animals and humans" (National Resources Conservation Service, 2019 <https://www.nrcs.usda.gov/wps/portal/nrcs/main/soils/health/>) without becoming degraded or capable of damaging the environment (Buneman et al., 2018). The parameters to define the state of "health" "of an agricultural soil (related to a given pedo-climatic area and agronomic management; E.K. Bunemann, [www.isqaper-project.eu](http://www.isqaper-project.eu), 2016-2020) include chemical (pH, C, N, P, S, micro-elements, organic matter), physical (texture, macro- and micro-aggregates), biochemical (enzymatic activities) and biological properties (density, composition, structure of the micro-meso- and macro-biota, density and biodiversity of sub-populations). The soil/plant interface allows a sub-population of the soil microbiota, after an intense exchange of bio-molecular signals with the emerging roots, to colonize the plant itself at the root level (rhizoplane, endo- and exo-rhizosphere), of caule (endo- and exo-caulosphere), of leaves (endo- and exo-phyllosphere). Recent scientific advances have demonstrated the important role endophytes, especially in terms of contribution to plant defense and nutrition. Therefore, plant and associated microbiota can be regarded as a single organism, the "holobiont". This paradigm is substantiated by the evidence that microbiota induces variations of gene expression in the plant, even not considering that microorganisms are capable of transforming plant genome. How these biotic interactions can be translated into concrete and sustainable agronomic management? For an agriculture able to support a growing demand for food, both in quantity and quality, the rhizosphere is the most active part of the hidden half of the ecosystem, i.e. the agricultural soil, where biogeochemical processes influence plant nutrition and soil biota determine the plant ability to adapt to

environmental (e.g. climate change) and biotic (e.g. phytopathogens) stresses (McNear, 2013). These are epochal challenge for agronomists, chemists, economists, physiologists, geneticists, microbiologists, sociologists and for the civil society in general. Considering that cooperation and functional interactions among plants and associated microbiota are essential, research priorities are the selection of cropping systems capable of boosting new C additions and enhancing physical protection of the newly added C, together with the selection of plants with root systems that best respond to microbial stimuli and interact with rhizospheric microorganisms. If we succeed to restore agricultural land to a greater health level, to cultivate healthy plants well equipped with appropriate nutritional principles, perhaps we will be able to face human and animal health with a perspective of true environmental sustainability.

#### BIBLIOGRAFIA

- ATLAS R.M. (2013): *One health: Its origins and future*, in Mackenzie J., Jeggo M., Daszak P., Richt J. (Eds.), *One Health: The Human-Animal-Environment Interfaces in Emerging Infectious Diseases*, Current Topics in Microbiology and Immunology, vol. 365. Springer, Berlin, Heidelberg, [https://doi.org/10.1007/82\\_2012\\_223](https://doi.org/10.1007/82_2012_223)
- BEVVINO A., SONNINO A., ROSSI L. (2020): *Il microbioma dell'agro-ecosistema al servizio della produzione primaria*, <https://www.georgofili.it/Media?c=c4aacf9f-411e-4ee-e-83a3-c9e53547b571>
- BUNEMAN E.K., BUONGIORNO G., BAI Z. ET AL. (2018): *Soil quality – a critical review*, «Soil Biology and Biochemistry», 120, pp. 105-125.
- CHU H., GAO G.-F., MA Y. ET AL. (2020): *Soil microbial biogeography in a changing world: recent advances and future perspectives*, «mSystem», 5:e00803-19. <https://doi.org/10.1128/mSystems.00803-19>
- DESTOUMIEUX-GARZÓN D., MAVINGUI P., BOETSCH G. ET AL. (2018): *The one health concept: 10 years old and a long road ahead*, «Frontiers in Veterinary Science», 5, 14. <https://doi.org/10.3389/fvets.2018.00014>
- HARRISON R., STRAHM B., YI X. (2010): *Soil education and public awareness*, in Verhey W.H. (Ed.), *Soils, plant growth and crop production*, vol. III, Encyclopedia of Life Support System (EOLSS). EOLSS Publ. UNESCO, UK, pp. 196-218.
- JOHNSON K.V.-A. (2020): *Gut microbiome composition and diversity are related to human personality traits*, «Human Microbiome Journal», 15, 100069.
- MCGULLY, M. (2012): *The rhizosphere: the key functional unit in plant/soil/microbial interactions in the field. Implications for the understanding of allelopathic effects*, Division of Plant Industry, Forth World Congress on Allelopathy, The Regional Institute Ltd. Nature Education, Cit da McNear Jr. D.H., *The Rhizosphere - Roots, Soil and Everything in Between*, «Nature Education Knowledge», 4 (3), 1, 2013.
- McNEAR JR. D.H. (2013) *The Rhizosphere - Roots, Soil and Everything in Between*, «Nature Education Knowledge», 4 (3), 1.
- NUTI M. (2021): *Una società invisibile: l'importanza dei microbi in agricoltura*, Carocci Editore, Roma, pp. 1-71, ISBN 978-88-430-7429-7.
- PASTI M.B., POMETTO A.L., NUTI M. ET AL. (1990): *Ligning degrading ability of actinomycetes isolated from termite (Termitidae) gut*, «Applied Environmental Microbiology», 56, pp. 2213-2218.

- PELLEGRINO E., OPIK M., BONARI E. ET AL. (2015): *Responses of wheat to arbuscular mycorrhizal fungi: a meta-analysis of field studies from 1975 to 2013*, «Soil Biology and Biochemistry», 84, pp. 210-217. <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2015.02.020>
- PIAZZA G., ERCOLI L., NUTI M. ET AL. (2019): *Interaction between conservation tillage and nitrogen fertilization shapes prokaryotic and fungal diversity at different soil depths: evidence from a 23-year field experiment in the mediterranean area*, «Frontiers in Microbiology», 10, 2047.
- SCHEELINGS T.F., MOORE R.J., VAN T.T. H. ET AL. (2020): *Microbial symbiosis and coevolution of an entire clade of ancient vertebrates: the gut microbiota of sea turtles and its relationship to their phylogenetic history*, «Animal Microbiome», 2, 17.
- SELOSSE M.A. (2019): *Jamais seuls: ces microbes qui construisent les plantes, les animaux et les civilisations*, Ed. Actes Sud, Les Méjan, Pl. Berberova, 13200 Arles, France.
- TRIVEDI P., DELGADO-BAQUERIZO M., ANDERSON I. C. ET AL. (2016): *Response of Soil Properties and Microbial Communities to Agriculture: Implications for Primary Productivity and Soil Health Indicators*, «Front. Plant Sci.», 7, 990, doi: 10.3389/fpls.2016.00990.
- YANNI Y., DAZZO F.B., SQUARTINI A. ET AL. (2016): *Assessment of the natural endophytic association between Rhizobium and wheat and its ability to increase wheat production in the Nile delta*, «Plant and Soil», doi:10.1007/s11104-016-2895-0.
- XIONG W., SONG Y., YANG K. ET AL. (2020): *Rhizosphere protists are key determinants of plant health*, «Microbiome», 8, 27, <https://doi.org/10.1186/s40168-020-00799-9>.
- ZHOU Z., WANG C., LUO Y. (2020): *Meta-analysis of the impacts of global change factors on soil microbial diversity and functionality*, «Nature Communication», <https://doi.org/10.1038/s41467-020-16881-7>
- WAGG C., SCHLAEPI K., BANERJEE S. ET AL. (2019): *Fungal-bacterial diversity and microbiome complexity predict ecosystem functioning*, «Nature Communication», <https://doi.org/10.1038/s41467-019-12798-y>
- WARKENTIN B.P. (1995): *The changing concept of soil quality*, «Journal of Soil and Water Conservation», 50 (3), pp. 226-228.
- WEI Z., GU Y., FRIMAN V.-P. ET AL. (2019): *Initial soil microbiome composition and functioning predetermine future plant health*, «Science Adv.», 5, eaaw0759, 25 September 2019.
- WOODLY B., METCALF J.A. (2005): *Understanding Rumen Function*, «Dairy Digest», [http://www.shurgain.com/pdf/Winter\\_2005\\_DairyDigest.pdf](http://www.shurgain.com/pdf/Winter_2005_DairyDigest.pdf)
- WOLF M. (2015): *Is there really such a thing as "one health"? Thinking about a more than human world from the perspective of cultural anthropology*, «Social Science and Medicine», 129, pp. 5-11.

MARIATERESA RUSSO<sup>1</sup>

## La metà nascosta e la salute dell'uomo: il caso delle nanoplastiche

<sup>1</sup> Università "Mediterranea" degli Studi di Reggio Calabria

Le attività umane sono tra i driver più significativi delle funzioni degli ecosistemi e delle minacce alla biodiversità. Possiamo affermare, senza tema di smentita, che l'influenza antropogenica sul pianeta Terra ha raggiunto livelli paragonabili a quelli dei più imponenti processi geofisici naturali che lo hanno plasmato e, con gli oltre 8 miliardi di tonnellate di plastica prodotta a partire dal 1950 siamo, oggi, dentro una nuova era: il "plasticocene".

Il mondo produce oggi poco meno di 350 milioni di tonnellate di plastica ogni anno, con un tasso di crescita del 5% ogni anno.

In verità la storia di questo incredibile materiale risale al XIX secolo e affonda le sue radici tra il 1861 e il 1862 quando Alexander Parkes, impegnato sulle ricerche sul nitrato di cellulosa, isola e brevetta il parkesine, più noto come xylonite, il primo materiale plastico semisintetico. Nel 1907 il chimico belga Leo Baekeland ottiene per condensazione tra fenolo e formaldeide, la prima resina termoindurente di origine sintetica, che viene brevettata nel 1910 con il nome di bakelite. Nel 1912 il chimico tedesco Fritz Klatte, scopre il processo per la produzione del polivinilcloruro (PVC) e nel 1913, lo svizzero Jacques Edwin Brandenberger, inventa il cellophane, un materiale a base cellulosica e il primo materiale plastico flessibile, trasparente ed impermeabile. Nel 1935 Wallace Carothers sintetizza il nylon (poliammide), materiale che troverà svariate applicazioni tra cui le calze da donna e, da questo momento, l'ascesa delle fibre sintetiche sarà inarrestabile. Gli studi sul nylon supportano quelli di Rex Whinfield e James Tennant Dickson che, nel 1941, brevettano il polietilene tereftalato (PET) utilizzato per la fabbricazione del tessuto noto come *pile*, di molti imballaggi alimentari ivi inclusa la bottiglia in PET brevettata nel 1973 da Nathaniel Wyeth della azienda Du Pont. Negli stessi anni in Germania vengono sviluppati i poliuretani che soppiantarono la gomma e,



dal 1939, vengono industrializzati i primi copolimeri cloruro-acetato di vinile e il cloruro polivinile. Negli anni '50 è la volta della resina melammina-formaldeide (nota come *formica*), ma è la scoperta del polipropilene isotattico da parte di Giulio Natta nel 1954 – prodotto industrialmente a partire dal 1957 con il notissimo marchio “Moplen” – che, di fatto, segna la rivoluzione del nostro comune vivere.

Il nuovo materiale, da quel momento, “corrompe” le nostre vite e domina il nostro quotidiano.

Oggi oltre l'80% delle materie plastiche prodotte sono termoplastiche che si ottengono grazie alla polimerizzazione di monomeri in catene ad alto peso molecolare. Questi polimeri termoplastici sono poi plasmati per i vari usi attraverso processi che ne modificano le proprietà fisiche (es. fusione, estrusione, pellettizzazione) e chimiche attraverso la miscelazione con svariati additivi che vanno dagli antiossidanti ai plastificanti, chiarificanti, coloranti, ecc. aggiunti per conferire le caratteristiche desiderate, a seconda degli impieghi.

È innegabile: la plastica ha cambiato in meglio le nostre vite ma la sua pessima gestione quale rifiuto ha, di fatto, dato la stura alla scrittura di una delle pagine più buie della nostra storia.

La produzione di materie plastiche ha generato una immensa mole di rifiuti e, con essi, un enorme problema di inquinamento e di salute.

Ci sono voluti decenni di sensibilizzazione sullo smaltimento sostenibile dei rifiuti plastici, decenni di racconti sulle conseguenze dell'inquinamento da questi rifiuti, ma è stato determinante l'impatto della rete che, attraverso la condivisione *on line* e via social delle sconvolgenti immagini delle enormi isole di plastica negli oceani e nei mari, delle distese di plastica sulle meravigliose spiagge un tempo incontaminate, delle immagini della fauna, soprattutto marina che soccombe (tartarughe soffocate dalle buste di plastica, cetacei con il ventre pieno di plastica, i gabbiani e foche soffocate da fili di lenza, ecc.) per scuotere le coscienze e far diventare patrimonio condiviso la consapevolezza che la contaminazione dei nostri habitat è una grave minaccia per la vita sul/ del nostro pianeta.

Ma l'inquinamento da macroplastiche – residui di bottiglie, plastiche monouso, reti da pesca – è solo la punta dell'iceberg, perché oggi ciò che davvero intossica il pianeta e tutti i suoi ospiti sono quelle minuscole particelle derivate dalla degradazione e disintegrazione delle macroplastiche e che, in maniera ubiquitaria contaminano l'acqua che beviamo, il cibo che mangiamo e l'aria che respiriamo.

Parliamo della subdola contaminazione da microplastiche (MP) e nanoplastiche (NP), particelle molto resistenti alla (bio)degradazione e che persistono per moltissimo tempo nell'ambiente.



Secondo un rapporto del Programma delle Nazioni Unite per l'ambiente (Unep) ogni chilometro quadrato di oceano contiene in media 63.320 particelle di MP e il Mediterraneo è uno dei mari più inquinati al mondo: qui si concentra il 7% delle MP a livello globale.

Nonostante la gravità del problema, ad oggi non vi è ancora una definizione normativa per la microplastica. Secondo il Regolamento (CE) n. 1907/2006, meglio noto come Regolamento REACH (*Registration, Evaluation, Authorisation and restriction of CHemicals*), per microplastica si intende «un materiale costituito da particelle solide contenenti polimeri, alle quali possono essere stati aggiunti additivi o altre sostanze e dove  $\geq 1\%$  p/p di particelle hanno: (i) tutte le dimensioni  $1\text{ nm} \leq x \leq 5\text{ mm}$ , o (ii), per le fibre, una lunghezza di  $3\text{ nm} \leq x \leq 15\text{ mm}$  e un rapporto lunghezza/diametro  $>3$ ».

Il Regolamento REACH non fornisce, invece, disposizioni specifiche per i nanomateriali. La Commissione Europea ha adottato la Raccomandazione del 18/10/2011: «Con nanomateriale s'intende un materiale naturale, derivato o fabbricato contenente particelle allo stato libero, aggregato o agglomerato, e in cui, per almeno il 50% delle particelle nella distribuzione dimensionale numerica, una o più dimensioni esterne siano comprese fra 1 nm e 100 nm».

Al momento, è convenzionalmente riconosciuta la seguente classificazione in quattro classi dimensionali dei rifiuti da plastica, in tutte le forme possibili (frammenti, fibre/filamenti, perle/sfere, fogli di pellicola e pellet):

- macroplastiche ( $>200\text{ mm}$ );
- mesoplastiche ( $5\text{-}200\text{ mm}$ );
- microplastiche: particelle di plastica di dimensioni comprese tra  $0,1\text{ }\mu\text{m}$  (micron, cioè un millesimo di millimetro,  $10\text{-}6\text{ m}$ ) e  $5\text{ mm}$ :
  - a. le microplastiche di medie dimensioni ( $1,01\text{-}4,75\text{ mm}$ );
  - b. le microplastiche più piccole ( $0,33\text{-}1,00\text{ mm}$ ).
- nanoplastiche: particelle di plastica di dimensioni comprese tra  $1\text{ nm}$  ( $0.001\text{ }\mu\text{m}$ ) e  $100\text{ nm}$  ( $0.1\text{ }\mu\text{m}$  o millimicron, cioè un millesimo di micron;  $10\text{-}9\text{ m}$ ).

Le microplastiche (MP), a loro volta sono classificabili in:

- MP primarie, quelle rilasciate direttamente nell'ambiente sotto forma di piccole particelle. Si stima che questa categoria di microplastiche rappresenti il 15-31% delle microplastiche presenti nell'oceano. Le fonti principali, in ordine decrescente sono: il lavaggio di capi sintetici (35% delle microplastiche primarie) e conseguente rilascio attraverso l'acqua di scarico nell'ambiente; l'abrasione dei pneumatici durante la guida, i cui residui

entrano a far parte del particolato atmosferico che respiriamo ogni giorno (28%); MP aggiunte intenzionalmente nei prodotti per la cura del corpo (es. le micro-particelle aggiunte a scrub facciali ed esfolianti, dentifrici, vernici e prodotti abrasivi ecc.) 2%<sup>1</sup>.

- MP secondarie, quelle prodotte dalla degradazione delle macroplastiche (es. buste, bottiglie, stoviglie monouso, flaconi per detersivi e saponi, reti da pesca, ecc.). Queste rappresentano circa il 68-81% delle microplastiche presenti nell'oceano e nei mari. Non ci sorprende quindi che una delle principali fonti alimentari di microplastica secondaria sia rappresentata dal sale marino.

Essendo le MP il frutto della degradazione della plastica, queste sono anche veicolo di diversi altri inquinanti rappresentati dagli stessi additivi delle plastiche, tra cui di grande importanza sono alcune sostanze classificate come “interferenti endocrini” come gli ftalati, utilizzati per rendere più flessibile la plastica e il Bisfenolo A utilizzato per rendere più resistente la plastica dei flaconi dei detersivi o alcune stoviglie monouso. In aggiunta vanno considerati ulteriori contaminanti eventualmente adsorbiti sulla superficie esposta tra cui contaminanti ambientali.

Nel 2017 l'ONU ha dichiarato che nei mari del pianeta sono presenti 51mila miliardi di particelle di microplastica, 500 volte più numerose di tutte le stelle della nostra galassia.

Le quantità di microplastiche presenti negli oceani sono in costante aumento e, per via dell'enormità del problema, l'attenzione della ricerca negli ultimi vent'anni si è concentrata quasi esclusivamente sugli effetti delle MP e NP in ambienti acquatici principalmente marini.

In mare le MP e le NP vengono ingerite dai grandi predatori, cetacei e uccelli e attraverso plancton, da invertebrati e pesci contaminando l'intera catena alimentare.

Attraverso il ben noto fenomeno denominato *biomagnificazione* – che porta a un crescente accumulo di contaminanti passando, progressivamente, dai consumatori primari ai grandi predatori sino all'uomo – il livello di MP/NP che arriva sulle nostre tavole potrebbe assumere dimensioni preoccupanti se, come è stimato, il 15-20% delle specie marine che finiscono sulle nostre tavole sono contaminate.

Ciò ha reso evidente l'esistenza di un grave problema di sicurezza alimentare e salute.

<sup>1</sup> <https://www.europarl.europa.eu/news/it/headlines/society/20181116STO19217/microplastiche-origini-effetti-e-soluzioni>

L'attenzione scientifica sul tema ha dimostrato la gravità degli effetti diretti e indiretti dell'inquinamento da MP/NP sul biota marino, costiero e oceanico e stimolato la riflessione sull'ipotesi che le MP/NP potessero interagire, ancor prima che con il biota marino, con quello della terraferma.

In effetti, la maggior parte dei rifiuti di plastica che arriva negli oceani è prodotta, utilizzata e, spesso, smaltita (male) proprio sulla terraferma.

Il tema dell'inquinamento dei sistemi terrestri da MP/NP è stato oggetto, soprattutto negli ultimi anni, di grande attenzione. In una *opinion* pubblicata su Global Change Biology, pubblicata on line 2017 (Abel de Souza Machado et al., 2018), che ha focalizzato gli effetti sulla geochemica, l'ambiente biofisico e l'ecotossicologia, l'inquinamento da MP/NP è stato individuato come fattore di stress tale da indurre un cambiamento globale nei sistemi terrestri.

Nello stesso studio è stato analizzato il destino ambientale delle MP negli habitat terrestri e sono stati messi in evidenza collegamenti rilevanti con i sistemi di acqua dolce. Gli autori hanno analiticamente discusso il tema della tossicità, potenzialmente ad ampio spettro, delle NP sugli organismi terrestri e le potenziali implicazioni ecologiche. Le conclusioni hanno portato alla presa d'atto della onnipresenza di MP/NP negli ambienti terrestri e delle potenziali e deleterie, quanto preoccupanti, conseguenze sull'ecosistema e sulla salute. L'inquinamento da microplastiche è stato individuato come uno dei temi più rilevanti da affrontare per garantire, su scala globale, la conservazione della biodiversità.

Con questa *opinion* viene, finalmente, posta con forza l'urgenza di sviluppare ricerche volte a chiarire il destino ambientale e gli effetti di tali piccole particelle di plastica nei sistemi terrestri.

Lo studio proposto ipotizza che, degli oltre 400 milioni di tonnellate di plastica prodotti a livello mondiale ogni anno, un terzo vada a finire sulla terraferma e nelle acque dolci e dia origine alle MP e NP.

La ricerca analizza anche l'inquinamento da MP nelle acque reflue, evidenziando come queste particelle persistono nei fanghi di depurazione che vengono poi riutilizzati in agricoltura, favorendo in tal modo, ogni anno, il trasferimento di migliaia di tonnellate di plastica nei suoli coltivati. A questa fonte di contaminazione dei terreni si aggiungono le stesse attività agricole che originano microplastiche secondarie a partire da imballaggi, bottiglie, reti pacciamanti, sistemi di irrigazione, contenitori in polistirolo, teli per copertura delle serre, ecc.. Nella figura 1 sono schematizzate le principali vie di contaminazione da MP/NP nei suoli agricoli (Pinheiro Machado Rehm et al., 2018).

Nel 2018 viene pubblicata una *Scientific Opinion* della Commissione Europea (Group of Chief Scientific Advisors, 2019) che pone all'attenzione l'u-

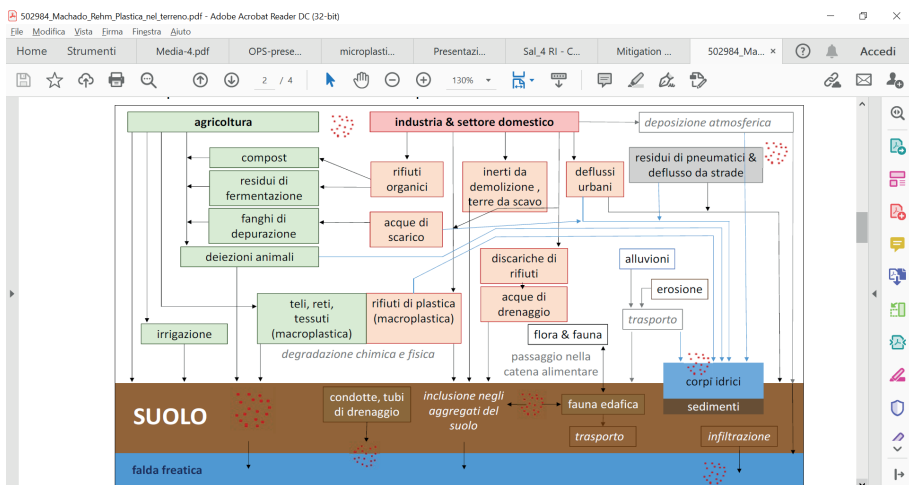


Fig. 1 Principali vie di contaminazione da MP/NP nei suoli agricoli. Fonte: R. Pinheiro et al. - *Plastica nel terreno, un problema ancora sconosciuto in frutti-viticultura*. 2018

biquità delle MP/NP presenti nell'aria, nei sedimenti, nelle acque dolci, nei suoli, negli animali, negli alimenti, nell'acqua.

L'acqua potabile, secondo una media di stime mondiali, conterrebbe da 5 a 6 particelle di MP per litro, numero che si espande di oltre venti volte se l'acqua è contenuta in bottiglie di plastica. Non sono indenni da questa contaminazione le bevande gassate, tè, aranciate, acque toniche, birra, ecc. Quantità significative di MP/NP sono state rilevate nello zucchero e nel miele.

Quanto esposto, lascia presagire che l'inquinamento terrestre da MP/NP possa essere considerato più elevato, pervasivo e grave di quello marino.

L'enormità della problematica nell'ambiente marino aveva sinora posto in secondo piano l'inquinamento degli ambienti terrestri e, soprattutto, dei suoli agricoli, quella metà nascosta che, in una continua interazione, fornisce la linfa vitale per la sopravvivenza delle *autotrofe* specie vegetali alle quali è, indissolubilmente, legata la vita dell'*eterotrofo* genere umano nonché dell'intero mondo animale.

Le evidenze scientifiche hanno prepotentemente dimostrato quanto differente sia la realtà.

Lo studio pubblicato nel 2020 su «Environmental Research» (Oliveri Conti et al., 2020), condotta da un gruppo di ricercatori dell'Università di Catania, laboratorio di Igiene ambientale e degli alimenti in collaborazione con il Laboratoire de Biochimie et Toxicologie Environnementale di Sousse, Tunisia, riscontrando, per la prima volta, la presenza di NP/MP in frutta e

verdura (mele, pere, lattuga, carote, broccoli e patate) ha rappresentato il vero momento di svolta, l'elemento di deflagrazione che ha definitivamente portato al centro del dibattito scientifico attuale l'interazione tra la metà nascosta, la contaminazione da NP/MP e la salute dell'uomo.

I contorni della problematica sono oggi prepotentemente ampliati e non riguardano più, o solo, gli aspetti generali legati all'inquinamento degli ecosistemi terrestri, all'impatto sulla fertilità dei suoli agricoli e alla produttività delle colture. Le conseguenze della scoperta della "insicurezza" connessa alla contaminazione da MP/NP degli alimenti di origine vegetale, sono dirompenti dal momento che questi alimenti sono alla base dello stile alimentare mediterraneo, quello afferente al ben noto modello denominato "*Dieta mediterranea*" – tutelato dall'Unesco come bene immateriale dell'umanità – lo stesso modello utilizzato come riferimento della Dieta Universale proposta dalla Commissione EAT-Lancet e, soprattutto, alla base di uno stile di vita sano che favorisce la longevità e la sostenibilità.

La scoperta conferma, invece, la pervasività della contaminazione da MP/NP che dai suoli agricoli giunge alle fonti alimentari primarie di origine vegetale e, quindi, all'uomo.

La breve disamina della letteratura scientifica degli ultimi cinque anni conferma e dimostra la capacità delle piante di inglobare le MP/NP presenti nei suoli agricoli.

Nonostante l'evidente presenza della MP in tutto l'ambiente terrestre, il loro assorbimento da parte delle piante coltivate non ha ricevuto la giusta attenzione poiché, per decenni, gli scienziati hanno creduto che queste particelle di plastica fossero, semplicemente, troppo grandi per passare attraverso le barriere fisiche di un tessuto vegetale intatto. Lo studio di un team di ricercatori dell'Accademia Cinese delle Scienze, pubblicato a luglio 2020 su «Nature Sustainability» (Li et al., 2020), ha smentito questo assunto e mostrato, letteralmente, come le MP possono penetrare i tessuti vegetali (fig. 2) e così contaminare le specie vegetali.

Era già noto che particelle di circa 50 nanometri potessero penetrare nelle radici delle piante, ma lo studio ha dimostrato che anche particelle di circa 40 volte più grandi possono penetrare nelle piante attraverso l'apparato radicale.

Il team, utilizzando particelle sferiche di polistirene e polimetilmetacrilato di dimensioni submicrometriche e micrometriche, con un minimo grado di flessibilità meccanica, ha dimostrato come queste siano state in grado di penetrare attraverso il piccolo spazio apoplastico delle cellule delle radici delle piante.

Lo studio ha, altresì, illustrato il meccanismo di assorbimento correlato alla presenza di piccole fessure sulle radici laterali che rappresentano, anch'es-

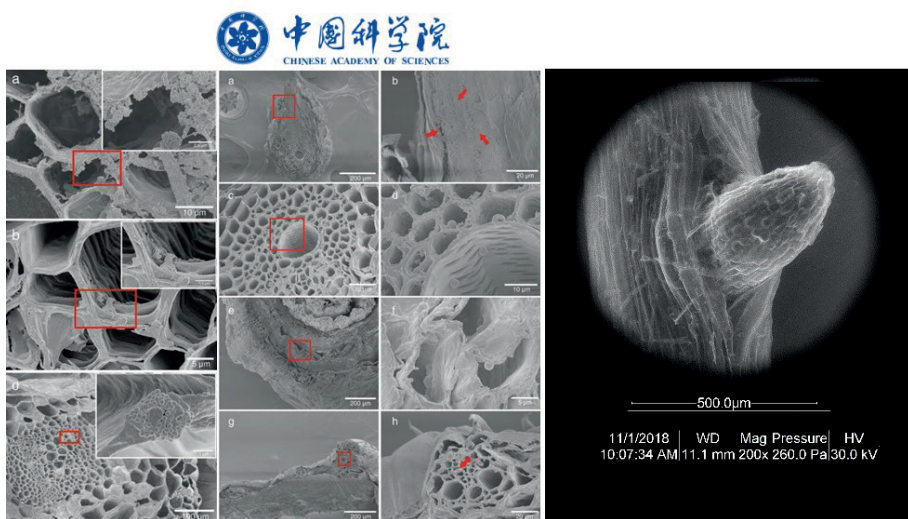


Fig. 2 Immagine dell'interazione MP/radici. Fonte : Li, L. et al. *Effective uptake of submicrometre plastics by crop plants via a crack-entry mode*. Nat Sustain 2020

se, un'ulteriore via di accesso delle MP, e a maggior ragione delle NP, ai vasi dello xilema. È emerso, ancora, che tassi di traspirazione più elevati favoriscono l'assorbimento delle particelle dimostrando così come la traspirazione sia la principale forza trainante del loro movimento.

I risultati dello studio chiariscono le modalità del trasferimento delle MP/NP lungo la catena alimentare. Queste MP e NP sono assorbite dal suolo e dall'acqua circostante la radice, per essere così trasferite alle parti commestibili e giungere nel nostro piatto.

Ahimè, *from farm to fork!*

Questa evidenza è in linea con i risultati del citato studio condotto dall'Università di Catania (Oliveri Conti et al., 2020). Il team di ricercatori non solo ha dimostrato la presenza di MP/NP in frutta e verdura ma anche come le tipologia dimensionale e la concentrazione vari a seconda della matrice. La contaminazione, espressa in particelle per grammo (ppg) di vegetale, ammonta mediamente a 223mila ppg (52.600-307.750) nella frutta e a 97.800 ppg (72.175-130.500) nella verdura. Il livello medio più alto di MP è stato trovato nelle mele e nelle carote, il livello più basso nelle lattughe; le particelle di dimensione media più piccola (1,51  $\mu\text{m}$ ) è stata trovata nelle carote, mentre la dimensione media più grande (2,52  $\mu\text{m}$ ) è stata individuata nella lattuga.

In generale, tra i campioni oggetto di studio è emersa una maggiore presenza di residui di natura plastica nella frutta piuttosto che nella verdura.



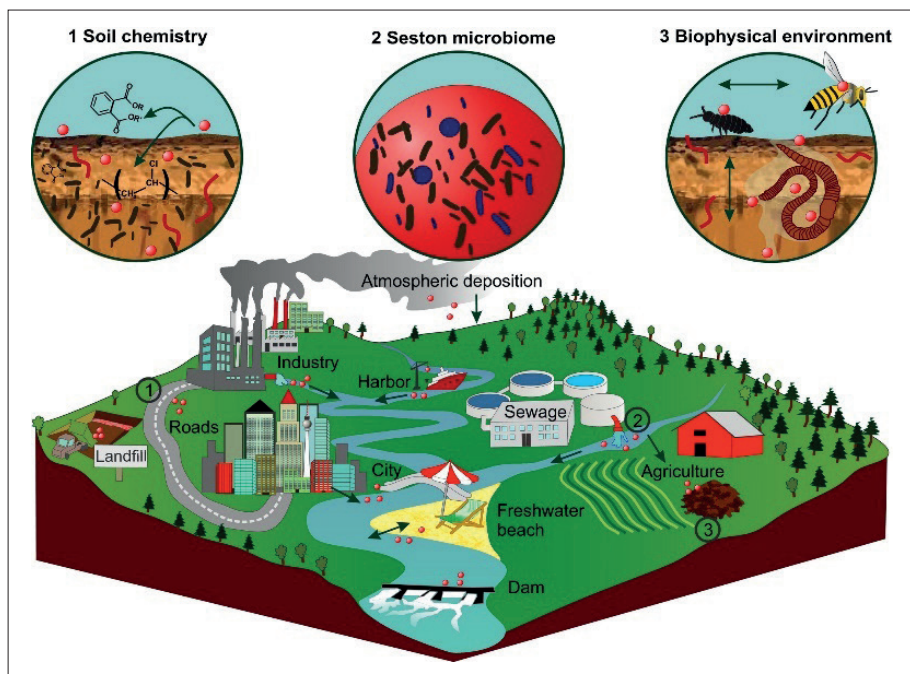


Fig. 3 Fonti di contaminazione terrestre ed interazione MP/NP/soilo. Fonte: A.A.de Souza Machado et al. - Microplastics as an emerging threat to terrestrial ecosystems. «Glob. Chan. Biol.» 2018

La narrata problematica, certamente, impatta pesantemente sulla sicurezza alimentare e sulla salute ma, ancor di più, sulla sostenibilità agricola, che è uno tra gli obiettivi fondanti dell'Agenda 2030 dell'Organizzazione della Nazioni Unite per lo sviluppo sostenibile. Suoli fertili e non contaminati sono un fattore chiave per raggiungere sia gli obiettivi di Agenda 2030 che del New Green Deal europeo.

Il suolo, la metà nascosta, è un ecosistema essenziale che fornisce servizi preziosi, non solo partecipa alla fornitura di cibo, energia e materie prime, ma anche al sequestro del carbonio e, al ciclo dell'acqua, fondamentali per combattere il cambiamento climatico, salvaguardare la biodiversità e gli ecosistemi.

A questo proposito, la precitata *opinion* del 2017 (Abel de Souza Machado et al., 2018) tra le altre cose, metteva in evidenza gli effetti delle deleterie MP sulla chimica, sul microbioma e sull'ambiente biofisico del suolo (fig. 3).

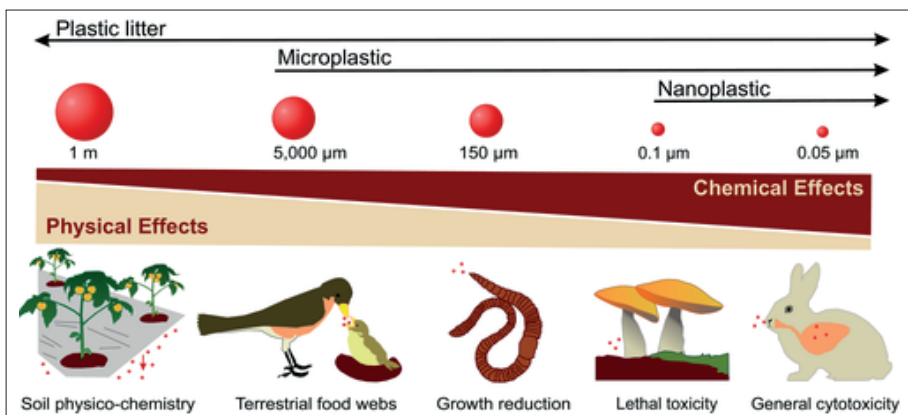


Fig. 4 *Interazione tra dimensione della particelle di plastica ed effetto.* Fonte: Fonte: A.A.de Souza Machado et al. - *Microplastics as an emerging threat to terrestrial ecosystems.* «Glob. Chan. Biol.» 2018

Metteva altresì in evidenza come con il diminuire delle dimensioni delle materie plastiche si amplificasse l'effetto chimico-tossicologico sull'ecosistema (fig. 4).

Il successivo studio del 2019 (Abel de Souza Machado et al., 2019) ha, così, approfondito l'effetto delle MP sulle proprietà biofisiche del suolo e sulle interazioni suolo-pianta, ivi inclusi gli effetti sulle comunità microbiche del suolo e sui tratti delle piante.

Lo studio ha valutato gli effetti di sei diverse microplastiche (fibre di poliestere, perline di poliammide e quattro tipi di frammenti: polietilene, poliestere tereftalato, polipropilene e polistirene) sul suolo, sui rapporti pianta-suolo e sui tratti vegetali utilizzando come pianta-modello *Allium fistulosum* (il comune cipollotto).

La ricerca ha dimostrato che le MP influenzano i parametri fisici del suolo e la dinamica dell'acqua poiché i cambiamenti nella struttura del terreno e nella sua composizione modificano la porosità. Il conseguente aumento dell'evaporazione riduce l'acqua disponibile, con impatti diretti sulla crescita delle piante, sull'attività microbica e sulla desertificazione.

Le piante, dal canto loro, nel tentare di adattarsi all'ambiente contaminato da MP/NP modificano i loro tratti: dalle caratteristiche delle radici, alla composizione tissutale fogliare nonché alla quantità di biomassa vegetale totale prodotta. L'entità dell'effetto si è dimostrato fortemente correlato alla dimensione, forma e composizione chimica delle MP utilizzate. Le fibre di poliestere e le perle di poliammide hanno innescato impatti più pronunciati sui tratti



e sulla funzione delle piante. I risultati hanno messo in evidenza il rapporto causale tra la pervasiva contaminazione da MP nei suoli e l'alterazione del rapporto pianta-suolo che genera una cascata di eventi che impatta marcatamente sugli agroecosistemi e sulla biodiversità terrestre.

Questo studio è in linea con quello pubblicato nel 2020 su «Science» (Rillig and Lehmann, 2020) che descrive i numerosi danni da MP subiti dai terreni contaminati e focalizza l'attenzione proprio sulla gravità delle modificazioni della struttura dei terreni, nonché sulle possibili alterazioni che un accumulo di MP nei suoli potrebbe generare sulla capacità di questi ultimi, una volta saturi, di sequestrare il carbonio, tema, questo, di grande attualità ed al centro delle attuali e future politiche mondiali.

Lo studio condotto nel 2020 da un team di ricercatori cinesi dell'università di Shandong e dell'Università del Massachusetts – Amherst, pubblicato su «Nature Nanotechnology» (Sun et al., 2020), fornisce le prime prove dirette del diverso meccanismo di accumulo nelle piante delle NP derivate da macroplastiche soggette all'azione degli agenti atmosferici che inducono un cambiamento delle proprietà fisiche e chimiche tali per cui le NP possono acquisire cariche superficiali positive o negative.

Gli autori hanno, pertanto, sintetizzato NP di polistirene con cariche superficiali positive e negative, ed utilizzato l'*Arabidopsis thaliana* come pianta modello. Grazie a un approccio integrato di tipo microscopico, molecolare e genetico, hanno dimostrato che entrambe le tipologie di NP possono accumularsi nelle piante ma che lo fanno con modalità diverse. Le particelle cariche positivamente sono accumulate a livelli relativamente bassi nelle punte delle radici ma inducono un maggiore accumulo di specie reattive dell'ossigeno e inibiscono la crescita e lo sviluppo delle piantine molto più di quelle caricate negativamente. Queste ultime sono state osservate con maggiore frequenza nell'apoplasto e nello xilema.

In generale, le NP hanno ridotto la biomassa totale delle piante modello che sono risultate più piccole e con radici molto più corte rispetto al controllo.

Lo studio condotto dall'università inglese Anglia Ruskin, pubblicato sulla rivista «Environmental Science & Technology» (Boots et al., 2019) mette in evidenza la correlazione tra suoli contaminati da MP/NP e lombrichi. Allo scopo i ricercatori hanno misurato l'impatto di suoli contaminati con MP di polietilene ad alta densità (HDPE) sui lombrichi della specie *Aporrectodea rosea*. È emerso che i lombrichi, dopo aver vissuto 30 giorni in un ambiente con presenza di HDPE, perdevano in media il 3,1% del peso rispetto al gruppo di controllo che, in un terreno non contaminato, vedevano incrementare il loro peso del 5,1%.

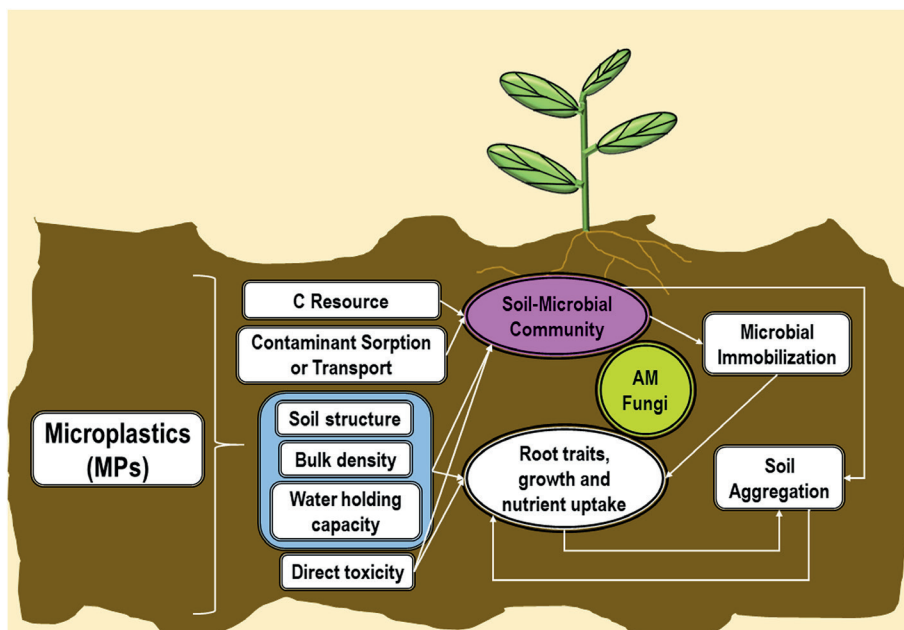


Fig. 5 Interazione tra microplastiche e metà nascosta. Fonte: Saker et al. «A review of microplastics pollution in the soil and terrestrial ecosystems», «Sc. Tot. Env.», 2020

In conclusione possiamo considerare la *metà nascosta* come lo *stargate* delle MP/NP verso la *metà di sopra* e il *mondo vegetale* il vettore di diffusione della contaminazione nell'intera catena alimentare terrestre.

Ma la contaminazione della *metà nascosta* e l'impatto sulla fertilità (fig. 5) hanno anche enormi implicazioni sulla sostenibilità. Per questa ragione l'enormità del problema della contaminazione da MP/NP della *metà nascosta* potrebbe avere un impatto straordinario nel condizionare, negativamente, il raggiungimento di alcuni obiettivi posti dall'ONU attraverso il programma Agenda 2030 volto a garantire lo sviluppo sostenibile globale.

Attraverso i ben noti 17 *Goals* (Obiettivi per lo Sviluppo Sostenibile) riportati nell'infografica (fig. 6), sui quali si fonda Agenda 2030, vengono coniugate le tre dimensioni dello sviluppo sostenibile – economica, sociale ed ecologica – e si punta a porre fine alla povertà, a lottare contro l'ineguaglianza, ad affrontare i cambiamenti climatici, a costruire società pacifiche che rispettino i diritti umani.

Rispetto ai 17 obiettivi, la contaminazione della metà nascosta potrebbe condizionare in maniera significativa il raggiungimento di alcuni di questi, come di seguito riportato:



Fig. 6 17 Obiettivi per lo Sviluppo di Agenda 2030

- Goal 2: *Sconfiggere la fame* - Il target da raggiungere prevede di raddoppiare la produttività agricola e il reddito dei produttori di alimenti su piccola scala, garantendo sistemi di produzione alimentare sostenibili e applicando pratiche agricole resilienti che aumentino la produttività e la produzione, che aiutino a conservare gli ecosistemi, che rafforzino la capacità di adattamento ai cambiamenti climatici, alle condizioni meteorologiche estreme, alla siccità, alle inondazioni e agli altri disastri, e che migliorino progressivamente il terreno e la qualità del suolo, nonché salvaguardare la biodiversità.
- Goal 3: *Salute e benessere* - Ridurre il numero di decessi e malattie da sostanze chimiche pericolose e da inquinamento e contaminazione di aria, acqua e suolo.
- Goal 6: *Acqua pulita e servizi igienico-sanitari* - Proteggere e ripristinare gli ecosistemi legati all'acqua, tra cui montagne, foreste, zone umide, fiumi, falde acquifere e laghi.
- Goal 12: *Consumo e produzione responsabili* - Gestione ecocompatibile di sostanze chimiche e di tutti i rifiuti in tutto il loro ciclo di vita e ridurre significativamente il loro rilascio in aria, acqua e suolo, al fine di minimizzare i loro effetti negativi sulla salute umana e l'ambiente
- Goal 14: *Vita sott'acqua* - Prevenire e ridurre in modo significativo l'inquinamento marino di tutti i tipi; gestire e proteggere in modo sostenibile gli

ecosistemi marini e costieri per evitare impatti negativi significativi, anche rafforzando la loro capacità di recupero e agendo per il loro ripristino, al fine di ottenere oceani sani e produttivi.

- Goal 15: *Vita sulla Terra* - Garantire la conservazione, il ripristino e l'uso sostenibile degli ecosistemi di acqua dolce terrestri e nell'entroterra e dei loro servizi, in particolare le foreste, le zone umide, le montagne e le zone aride; combattere la desertificazione, ripristinare i terreni degradati ed il suolo, compresi i terreni colpiti da desertificazione, siccità e inondazioni, e sforzarsi di realizzare un mondo senza degrado del terreno; garantire la conservazione degli ecosistemi montani, compresa la loro biodiversità, al fine di migliorare la loro capacità di fornire prestazioni che sono essenziali per lo sviluppo sostenibile; adottare misure urgenti e significative per ridurre il degrado degli habitat naturali, arrestare la perdita di biodiversità.

Ma c'è di più!

L'enormità del problema della contaminazione della *metà nascosta* impatta fortemente anche con la visione olistica *One Health* che ispira le politiche globali del futuro, basata sull'assunto che esiste una sola salute per gli umani, gli animali e l'ambiente.

Nell'ottica *One Health* la salute della metà nascosta condiziona la salute umana e, pertanto, non possono che creare allarme le evidenze scientifiche che dimostrano la capacità di MP/NP di penetrare i nostri tessuti.

Un team di ricercatori ha esaminato la quantità di MP/NP presenti negli organi e nei tessuti umani ottenendo risultati che, seppur prevedibili non risultano per questo meno preoccupanti (Sarker et al., 2020).

I ricercatori hanno cercato, e trovato, MP e NP in tessuti umani prelevati da cervello, polmoni, milza, fegato, reni, tessuto adiposo.

I pericoli insiti nelle MP/NP sono legati sia alla loro capacità di veicolare sostanze chimiche pericolose, incluse quelle intenzionalmente aggiunte in fase produttiva tra cui ftalati e Bisfenolo A, ma anche contaminanti ambientali che possono venire assorbiti sulla loro superficie durante il loro uso e la permanenza nell'ambiente e, solo per citarne alcuni: stirene, metalli pesanti, policlorobifenili (PCB), idrocarburi policiclici aromatici (IPA).

Queste sostanze chimiche sono classificate tra gli *interferenti endocrini* e/o *distruttori immunologici*. Le prove che le NP riescono a superare la barriera intestinale, fino a penetrare nelle cellule avvalorano le ipotesi di interferenza di queste sostanze con il metabolismo, innescando uno stato cronico di infiammazione, gravi problemi nello sviluppo, infertilità, predisposizione ad alcuni tipi di tumore, reazioni immunitarie anomale che, nel tempo potrebbero portare a patologie autoimmuni e forme cancerogene.

Alla luce delle crescenti evidenze scientifiche nonché dell'acclarata presenza delle MP/NP in frutta ed ortaggi la Commissione europea ha attivato l'Autorità Europea sulla sicurezza Alimentare e avviato azioni per finanziare la ricerca sull'esposizione alle MP/NP e sui loro effetti sulla salute nell'ambito del nuovo programma quadro di ricerca e innovazione ed invitato tutta la comunità scientifica mondiale a lavorare all'unisono affinché vengano colmate le incertezze e proposte idonee soluzioni.

#### BIBLIOGRAFIA

- ABEL DE SOUZA MACHADO A., KLOAS W., ZARFL C., HEMPEL S., RILLIG M.C. (2018): *Microplastics as an emerging threat to terrestrial ecosystems*, «Global Change Biology», vol. 24, Issue 4, pp. 1405-1416, April.
- ABEL DE SOUZA MACHADO A., LAU C.W., KLOAS W., BERGMANN J., BACHELIER J.B., FALTIN E., BECKER R., GÖRLICH A.S., RILLIG M.C. (2019): *Microplastics can Change Soil Properties and Affect Plant Performance*, «Environmental Science & Technology», vol. 53, 10, pp. 6044-6052.
- BOOTS B., RUSSELL C.W., SENG GREEN D. (2019): *Effects of Microplastics in Soil Ecosystems: Above and Below Ground*, «Environmental Science & Technology», vol. 53, 19, pp. 11496-11506.
- Group of Chief Scientific Advisors (2019): Environmental and Health Risks of Microplastic Pollution, Directorate-General for Research and Innovation (European Commission) Published: 2019-08-23.
- LI L., LUO Y., LI R., ZHOU Q., PEIJNENBURG W.J.G.M., YIN N., YANG J., TU C. & ZHANG Y. (2020): *Effective uptake of submicrometre plastics by crop plants via a crack-entry mode*, «Nature Sustainability», vol. 3, pp. 929-937.
- OLIVERI CONTI G., FERRANTE M., BANNI M., FAVARA C., NICOLOSI I., CRISTALDI A., FIORE M., ZUCCARELLO P. (2020): *Micro- and nano-plastics in edible fruit and vegetables. The first diet risks assessment for the general population*, «Environmental Research», vol. 187, August.
- PINHEIRO MACHADO REHM R., GRASHEY-JANSEN S., THALHEIMER M. (2018): *Plastica nel terreno, un problema ancora sconosciuto in frutti-viticultura*, «Frutta e vite», n. 6.
- RILLIG M.C. AND LEHMANN A. (2020): *Microplastic in terrestrial ecosystems*, «Science», vol. 368, Issue 6498, pp. 1430-1431, 26 Jun.
- ROLSKY C., KELKAR V. (2020): *Methods for microplastics, nanoplastics and plastic monomer detection and reporting in human tissues*, Virtual Meeting, American Chemical Society, Ottobre.
- SARKER A., DEEPO D.M., NANDI R., RANA J., ISLAM S., RAHMAN S., NABIL HOSSAIN M., SAIFUL ISLAM MD., BAROI A., KIM J.E. (2020): *A review of microplastics pollution in the soil and terrestrial ecosystems: A global and Bangladesh perspective*, «Science of the Total Environment», Volume 733, 1 September 2020, 139296.
- SUN X-D., YUAN X-Z., JIA Y., FENG L-J., ZHU F-P, DONG S-S., LIU J., KONG X., TIAN H., DUAN J-L., DING Z., WANG S-G., XING B. (2020): *Differentially charged nanoplastics demonstrate distinct accumulation in Arabidopsis thaliana*, «Nature Nanotechnology», vol. 15, pp. 755-760.

## Considerazioni conclusive

Durante un lunghissimo periodo storico durato secoli, l'attenzione degli studiosi delle piante coltivate, ma anche di tutte le piante in generale, si è concentrata sulla parte epigea, certamente più facile da sottoporre a indagine sperimentale, quasi dimenticando la "metà nascosta", cioè la radice. In particolare negli ultimi anni si assiste a una sorta di inversione nell'atteggiamento dei ricercatori, nei quali è maturata la convinzione che la stessa radice può rappresentare il "collo di bottiglia" di un possibile incremento di crescita di questo naturale "bionte" che è appunto la pianta, con ciascuna delle due parti indispensabile per la vita dell'altra. Per di più, oltre a sapere, da molto tempo, che non ci può essere uno sviluppo adeguato se ci sono problematiche che investono l'apparato radicale, in tempi ravvicinati si è enormemente ampliata la conoscenza del suolo agrario, ovvero di tutto quel mondo "nascosto" che ospita la pianta e che è tutt'altro che inerte.

Attualmente si è in grado di mettere bene a fuoco la problematica dell'architettura radicale, sulla quale abbiamo accumulato, nonostante il tanto tempo trascorso, poche informazioni certe e consolidate. Vanno utilizzati sempre più i nuovi e importanti strumenti di indagine che si basano sull'uso di sensori, attuatori, mappe radicali digitali, satelliti, analisi di immagine, metodi elettrici; ciò si traduce in una maggiore accuratezza di ogni aspetto della produzione, ma anche in un potenziamento dei principali servizi di supporto ecosistemici (genesì del suolo, cicli biogeochimici, creazione di habitat ottimali per l'incremento di microbiota molto diversificati) utili, a un tempo, alla produzione e alla salvaguardia ambientale. Infatti gli apparati radicali rappresentano il produttore primario nella dimensione sotterranea e, quindi, i suoli sono il più grande serbatoio di carbonio terrestre, la maggior parte del quale è carbonio radicale. La deposizione di carbonio è particolarmente importante negli strati

profondi di suolo così da consigliare il miglioramento genetico delle specie coltivate, ma dotate di apparato radicale profondo così da favorire l'incremento di stock di carbonio. Ciò ha implicazioni con la mitigazione degli effetti del cambiamento climatico così come con la protezione dall'erosione.

Al vecchio concetto di benessere delle piante si è aggiunto, molto più di recente, non più di trenta anni fa, il concetto di “salute” del suolo che comprende in particolare le proprietà biologiche, specificamente la struttura del micro- meso- e macro-biota. La pianta viene quindi ritenuta un olo-bionte cioè un organismo formato dal vegetale e dal microbiota. Anche da questo tipo di considerazioni emerge che si debbano realizzare sistemi colturali in grado di favorire l'accumulo di carbonio e la sua protezione nel terreno insieme alla selezione di piante dotate di sistemi radicali che meglio interagiscano con i microorganismi rizosferici.

Nella prospettiva che il suolo contenga sostanze tossiche alle piante – situazione, sfortunatamente, frequente- la sfida passa nelle mani della ricerca. È il caso delle plastiche e in particolare delle micro e nanoplastiche che rappresentano una minaccia emergente per il funzionamento degli ecosistemi non solo acquatici, ma anche terrestri, in particolare i suoli agricoli. La dimostrazione che nanoplastiche, particelle di dimensioni  $\leq 100\text{nm}$ , possono accumularsi nelle piante, costituisce una prima evidenza che ci sprona a verificare la traslocazione delle stesse, dalle radici alla frutta e ortaggi che così frequentemente vengono usate nella nostra alimentazione.

Infine una considerazione fondamentale per una “parte nascosta” che l'infezione fillosserica, avvenuta a fine secolo XIX, costrinse i coltivatori di vite a cambiare totalmente inserendo un nuovo piede “americano” al posto di quello naturale. Il problema fu brillantemente risolto. Ma da quel tempo ad oggi molte cose sono cambiate. Si stima che l'85% della viticoltura mondiale sia innestata e che 10 varietà di portainnesti rappresentino il 90% di quelli utilizzati. Le “radici” del vigneto italiano impiantato nel 2019 sono rappresentate per circa il 90% da 7 varietà di portainnesti, tutti selezionati tra il 1869 e 1920. La domanda è inevitabile: siamo adeguati per le sfide della viticoltura del prossimo ventennio (cambiamento climatico; sostenibilità del sistema viticolo; garantire competitività alla viticoltura; ecc.)?





# Rischi fitosanitari legati ai cambiamenti climatici e prevenzione di epidemie in ambito vegetale

8 settembre 2021

## Programma

14.30 - *Saluti istituzionali*

Coordina: Piero Cravedi

14.45 - Relazioni

BRUNO FARAGLIA

*La nuova normativa nazionale per la protezione delle piante e il riordino del Servizio Fitosanitario Nazionale*

PIO FEDERICO ROVERSI

*L'Istituto Nazionale di Riferimento per la protezione delle piante e la realizzazione dei Laboratori di Quarantena per il controllo dei microrganismi dannosi*

GIACOMO LORENZINI

*Cambiamenti climatici e malattie delle piante*

STEFANIA TEGLI

*Cambiamenti globali e fitopatogeni da quarantena: ricerca, innovazione, trasferimento, prevenzione*

ALBERTO ALMA

*Influenza del cambiamento climatico sugli insetti: nuove minacce per la viticoltura europea*

ROSEMARIE TEDESCHI

*Rischi connessi all'introduzione di organismi esotici nelle associazioni vettore-fitopatogeno: il caso di *Candidatus Liberibacter**

DONATO BOSCA

*Xylella fastidiosa: il contributo della ricerca scientifica nella gestione di una emergenza fitosanitaria di portata epocale*

17.30 - *Conclusione dei lavori*

BRUNO CAIO FARAGLIA<sup>1</sup>, BARBARA TIRANTI<sup>2</sup>

## La nuova normativa nazionale per la protezione delle piante e il riordino del Servizio fitosanitario nazionale

<sup>1</sup> Servizio Fitosanitario Centrale

<sup>2</sup> Consiglio per la ricerca in agricoltura e l'analisi dell'economia agraria - Centro Difesa e Certificazione (CREA-DC)

«La nostra salute dipende dalla loro salute, la nostra vita dipende dalla loro vita». Sono queste alcune delle parole con le quali l'Organizzazione delle Nazioni Unite per l'Alimentazione e l'Agricoltura (FAO) ha proclamato il 2020 "Anno Internazionale della salute delle piante (IYPH)" il cui termine, a causa dell'emergenza sanitaria ancora in corso, è stato prorogato a fine giugno 2021.

Le piante, come richiamato dalla FAO, costituiscono l'80% del cibo che mangiamo e producono il 98% dell'ossigeno che respiriamo. Tuttavia, sono sotto costante e crescente minaccia da parte di parassiti e malattie di vario genere. Ogni anno, fino al 40% delle colture alimentari globali va persa a causa dei parassiti e delle malattie delle piante. Questo porta a perdite annue nel commercio agricolo per oltre 220 miliardi di dollari, con danni gravi per la salute umana, l'agricoltura e la biodiversità. Attuare misure per la protezione delle piante da parassiti nocivi è l'unico strumento efficace per prevenire o arginare l'insorgere di emergenze fitosanitarie. Una volta insediati, difatti, i parassiti e le malattie delle piante sono spesso difficili da eradicare e la loro gestione richiede ingenti investimenti in tempo e denaro.

«Come per la salute umana o animale, anche per la salute delle piante prevenire è meglio che curare».

Il sistema economico mondiale, nel corso dei decenni, è sempre più oggetto di rapidi e intensi mutamenti nei processi e nei prodotti. Il definitivo consolidamento sul mercato mondiale di aree produttive emergenti, la rapidità dei trasporti, l'abbattimento delle barriere doganali, il turismo internazionale e il decentramento produttivo hanno comportato un forte incremento negli spostamenti di persone e merci a livello internazionale.

Gli intensi rapporti economici, che hanno portato alla globalizzazione dei mercati, hanno incrementato in modo esponenziale il rischio di importare in nuovi territori organismi nocivi estranei, precedentemente confinati dall'isolamento geografico dei continenti o dalle barriere naturali.

La continua crescita del volume e delle tipologie degli scambi commerciali internazionali, che avvengono con una velocità sempre crescente, porta alla conseguente richiesta, sempre più pressante, di ridurre al minimo i tempi di sosta e ogni ostacolo al libero scambio internazionale.

Tutto questo comporta controlli fitosanitari con tempi di sosta sempre minori e, per alcune tipologie di prodotto, ispezione di solo alcune delle spedizioni in arrivo nel Paese interessato, con la diretta conseguenza di un incremento del rischio di spostamento degli organismi nocivi da un Paese all'altro.

A questa situazione, si somma il rischio derivante da introduzioni illegali, che sfuggono al controllo fitosanitario, dall'introduzione incauta di materiale di moltiplicazione non controllato, dalla diffusione per vie naturali (vedi *Tuta absoluta*) o tramite materiale non vegetale (vedi *Diabrotica virgifera*).

I cambiamenti climatici, inoltre, stanno alterando gli ecosistemi, riducendo la biodiversità e creando condizioni ottimali in cui i parassiti possono prosperare sempre più facilmente. Si assiste a un aumento della capacità di insediamento da parte di nuovi organismi nocivi, nonché a una maggiore capacità da parte di organismi già presenti sul territorio di ampliare il loro areale di distribuzione anche mediante una modifica del ventaglio di ospiti e della capacità di danno.

I costi derivanti dalle emergenze fitosanitarie in atto sul territorio nazionale mettono in luce il ruolo strategico di difesa e prevenzione svolto dal Servizio fitosanitario nazionale, in connessione con tutte le altre istituzioni interessate alla difesa delle piante.

Riuscire a individuare una via di introduzione prima che un organismo nocivo venga introdotto in un territorio nella sua prima fase di introduzione, significa ridurre a zero i costi di eradicazione connessi. È pertanto fondamentale investire nel sistema di prevenzione per non affrontare, a posteriore, costi decuplicati che spesso non portano ai risultati sperati. Avere immediata conoscenza dell'introduzione di un nuovo organismo nocivo significa, difatti, intervenire su un focolaio poco esteso geograficamente, che ancora non ha manifestato i danni e nel quale è possibile attuare misure volte a evitare la diffusione su lunga distanza connessa alle attività di commercializzazione e al vivaismo.

La conoscenza e la conseguente sorveglianza del territorio, quindi, sono da ritenersi, insieme ai controlli all'importazione, le attività fondamentali per garantire un tempestivo ed efficace intervento di protezione delle piante.

L'accentuarsi, negli ultimi decenni, dei fattori di rischio sopra richiamati, ha reso necessaria una revisione della legislazione fitosanitaria europea, in vigore dal 1977 e l'istituzione di un nuovo regime normativo di difesa delle piante più armonizzato e più efficace.

Per tutto questo, a livello europeo sono stati adottati due nuovi regolamenti, il regolamento (UE) 2016/2031, relativo alle misure di protezione contro i parassiti delle piante e il regolamento (UE) 2017/625 sui controlli ufficiali e altre attività ufficiali, con l'obiettivo di contrastare l'ingresso e la diffusione di parassiti nocivi per la salute delle piante e proteggere le produzioni vegetali, il patrimonio forestale, le superfici impiantate, gli ecosistemi naturali e la biodiversità nell'Unione.

Completano il nuovo quadro normativo per la protezione delle piante il regolamento (UE) 2014/652, sostituito di recente dal regolamento (UE) 2021/690, relativo alla contribuzione finanziaria della UE per le emergenze fitosanitarie e il regolamento (EU) 2014/1143 contro l'introduzione e la diffusione delle specie esotiche invasive.

Il nuovo regolamento (UE) 2016/2031, pur mantenendo l'architettura di base preesistente, fondata sui controlli all'importazione, il passaporto delle piante, le zone protette, il registro dei produttori e il certificato unico per l'esportazione, ha profondamente modificato quella che è la capacità di intervento sulle emergenze fitosanitarie.

L'Unione Europea, pur mantenendo un sistema di controlli all'importazione "aperto", in base al quale è consentito l'ingresso in Europa di qualsiasi tipo di prodotto tranne quelli proibiti esplicitamente dalla normativa, ha ampliato i meccanismi di controllo a un ventaglio più ampio di prodotti, introdotto nuovi sistemi di tracciabilità dei prodotti, incrementato la capacità di intercettazione di organismi nocivi presso i punti di entrata e definito nuove procedure di gestione delle emergenze.

Un tale approccio, però, non elimina completamente il rischio di introduzione di un organismo nocivo e la possibilità che questo venga scoperto successivamente al suo insediamento, determinando un alto rischio di nuove emergenze fitosanitarie così come evidenziato, negli ultimi anni, nel nostro Paese.

Per fare fronte al rischio elevato di nuove emergenze fitosanitarie e alla scarsa capacità dei vari Paesi membri di intervenire con urgenza e immediatezza su tali emergenze, l'Unione Europea ha modificato il ruolo e le responsabilità degli operatori professionali, che ora sono chiamati a intervenire direttamente al primo ritrovamento.

Se da una parte agli operatori professionali è richiesta una maggiore responsabilità sui materiali vegetali prodotti e una migliore organizzazione delle

proprie strutture, dall'altra le autorità fitosanitarie competenti per i controlli sono chiamate a dotarsi di strutture conformi ai requisiti fissati e di risorse umane e finanziarie adeguate a garantire un intervento proattivo sugli organismi nocivi delle piante.

Al fine di garantire la piena applicazione delle novità introdotte dai suddetti regolamenti, è stato necessario intraprendere un percorso di riordino della attuale normativa nazionale e del Servizio Fitosanitario Nazionale (SFN), istituito dal decreto legislativo 19 agosto 2005, n. 214, che, se pur adatto nella sua articolazione (in Servizio Fitosanitario centrale e Servizi fitosanitari regionali), non risponde in modo adeguato alle attuali esigenze di intervento immediato in caso di emergenza fitosanitaria.

Tale riordino si è concluso con l'adozione del decreto legislativo 2 febbraio 2021, n. 19, il cui primo obiettivo è quello di dare piena applicazione al nuovo regime fitosanitario europeo, attraverso l'individuazione di una chiara "catena di comando", attraverso l'identificazione dei soggetti e delle strutture coinvolte nella difesa delle piante, la definizione delle relazioni tra questi e l'individuazione delle responsabilità in capo alle autorità identificate.

In particolare, il Servizio Fitosanitario Nazionale si è dotato dell'Istituto nazionale di riferimento per la protezione delle piante, individuato nel Centro Difesa e Certificazione (CREA-DC) del CREA, quale organismo tecnico-scientifico di supporto.

Al Comitato fitosanitario nazionale (CFN), inoltre, è stato attribuito il necessario potere decisionale, consentendogli di assumere decisioni vincolanti rivolte a ogni soggetto coinvolto nella difesa delle piante. Al Comitato partecipano, per il necessario supporto scientifico, oltre all'Istituto nazionale di riferimento per la protezione delle piante, il Consiglio Nazionale delle Ricerche (CNR), le Società scientifiche che operano nell'ambito del settore della difesa delle piante e le Università.

Le nuove sfide e i numerosi obblighi a cui è chiamato a rispondere il SFN hanno posto in evidenza l'urgenza di dotare il sistema di una adeguata dotazione di personale altamente qualificato. A tal fine sono state individuate le caratteristiche, i requisiti e le funzioni delle diverse categorie di personale tecnico operante presso il Servizio fitosanitario nazionale, nonché quantificata l'idonea dotazione di personale, per tutto il Servizio fitosanitario nazionale, necessaria per armonizzare sul territorio l'applicazione delle nuove disposizioni e adempiere agli obblighi derivanti dalla normativa unionale e internazionale in materia di profilassi fitosanitaria.

La revisione del sistema nazionale di protezione delle piante ha, tra l'altro, definito la gestione delle emergenze fitosanitarie attraverso l'elaborazione di

piani di emergenza e piani di azione *ad hoc*, e istituito il Segretariato per le emergenze fitosanitarie, struttura che rappresenta il raccordo tecnico operativo tra il CFN e le Unità territoriali coinvolte nell'attuazione delle misure fitosanitarie derivanti dai provvedimenti di emergenza.

Il nuovo testo normativo, inoltre, anche alla luce dei nuovi ruoli e competenze attribuite dal regolamento (UE) 2017/625,

- ridefinisce le dotazioni di personale fitosanitario, al fine di rendere il SFN idoneo ad affrontare tutti i nuovi obblighi imposti dai regolamenti UE;
- razionalizza il numero dei punti di controllo frontalieri;
- richiede lo sviluppo di un sistema di allerta attraverso l'elaborazione di specifici piani nazionali per il controllo annuale delle produzioni e per le indagini sulla presenza degli organismi nocivi in tutto il territorio nazionale.

La strategia sulla quale si basa la nuova normativa fitosanitaria nazionale prevede, in aggiunta ai tradizionali strumenti di quarantena vegetale, quale il controllo alle importazioni, una sorveglianza capillare del territorio, una identificazione rapida degli organismi nocivi, la messa in atto di misure di controllo e di eradicazione, la condivisione dei dati e delle informazioni, nonché lo sviluppo di una rete di collaborazione e interconnessione di tutti gli ambiti scientifici, tecnologici, istituzionali e gestionali della difesa delle piante.

Particolare attenzione è stata posta nella definizione e realizzazione di una Rete nazionale laboratoristica, alla quale partecipano i Laboratori nazionali di riferimento e i laboratori ufficiali dei Servizi fitosanitari regionali e altre strutture laboratoristiche di ricerca, e nella predisposizione del Sistema Informativo di Protezione delle Piante (SIPP) con il quale sarà garantita l'elaborazione, il trattamento e lo scambio automatico di tutti i dati, delle informazioni e dei documenti relativi alle attività di protezione delle piante tra tutti i soggetti coinvolti.

Nello scenario che si sta sviluppando, anche a seguito della strategia *Farm to Fork Strategy – for a fair, healthy and environmentally - friendly food system* adottata in ambito europeo, appare evidente il ruolo centrale acquisito dalle conoscenze scientifiche e tecniche sugli organismi nocivi e sui relativi metodi di difesa e il loro costante aggiornamento.

In tale contesto si collocano, ad esempio, le potenzialità rappresentate dai biostimolanti e dagli agenti di controllo biologico nell'ambito delle future strategie di lotta fitosanitaria, strumenti il cui utilizzo si affianca, necessariamente, a quello dei prodotti fitosanitari. Anche nel caso di programmi di lotta biologica mediante antagonisti naturali si rende necessaria, difatti, una difesa delle colture attraverso l'uso di prodotti fitosanitari; almeno fino a quando

non si stabilisca il necessario equilibrio tra le popolazioni dell'organismo nocivo e dell'antagonista. L'impiego di tali prodotti richiede tuttavia il ricorso a metodi di limitazione dei rischi e a sostanze attive con diverso meccanismo d'azione al fine di per evitare l'insorgenza di fenomeni di resistenza da parte dell'organismo nocivo.

Ancora, lo sviluppo di macchine con tecnologie mirate a ridurre l'impatto dei prodotti fitosanitari, come quelle basate sul controllo computerizzato dei target, può mantenere la strategicità dei trattamenti chimici antiparassitari e al tempo stesso ridurre i quantitativi totali di prodotti fitosanitari utilizzati in agricoltura.

Oggi più che mai, quindi, si comprende come le tradizionali strategie aziendali non siano più sufficienti a garantire una piena ed efficace difesa delle produzioni e richiedano una gestione sempre più sistemica della protezione delle piante, lungo tutte le fasi della filiera produttiva.

L'antica dicotomia tra la difesa aziendale delle produzioni e gli interventi di quarantena vegetale, pertanto, perde di rilevanza e i suoi contorni diventano sempre più sfumati, evidenziando come la gestione della difesa fitosanitaria, per essere pienamente efficace e risolutiva, deve essere attuata sia a livello aziendale che territoriale, coinvolgendo tutti gli operatori interessati e l'intero sistema produttivo agricolo, incluse le amministrazioni, le istituzioni scientifiche, i Servizi fitosanitari regionali, le organizzazioni dei produttori, ecc.

Le emergenze fitosanitarie causate dalla *Xylella fastidiosa*, dalla Cimice asiatica e dagli oltre 20 organismi nocivi da quarantena o emergenti, in atto sul territorio nazionale, oltre a determinare una ricaduta importante in termini di danni diretti e indiretti a livello sia economico che sociale, confermano la necessità di un intervento integrato e di un approccio sistemico a tutti i livelli, dalla programmazione delle produzioni agricole fino alla commercializzazione e alla distribuzione dei prodotti vegetali.

Il complesso quadro, che si è succintamente delineato, fa emergere come lo sviluppo di un sistema unico e collettivo di protezione delle piante, basato su una condivisione costante delle informazioni e dei dati, sul supporto fornito da adeguati sistemi informatici, sul potenziamento degli organismi deputati al coordinamento e alla sorveglianza dei territori dotati di risorse umane e strumentali appropriate, sulla formazione e l'aggiornamento permanente di tutti i soggetti coinvolti, su un adeguato supporto tecnico-scientifico, nonché sul coinvolgimento, a tutti i livelli, degli operatori professionali, rappresenti l'unica arma per garantire una protezione efficace delle nostre produzioni e dell'intero territorio nazionale. La mancanza di uno solo di questi fattori pone a rischio l'efficacia dell'intero sistema.



## RIASSUNTO

Gli intensi rapporti economici che hanno portato alla globalizzazione dei mercati e i cambiamenti climatici hanno incrementato in modo esponenziale il rischio di importare organismi nocivi estranei, che possono diffondersi con effetti devastanti per le coltivazioni e la stabilità degli ecosistemi, con conseguenti ingenti danni economici.

Il nuovo regolamento (UE) 2016/2031 relativo alle misure di protezione contro gli organismi nocivi per le piante introduce novità in ogni aspetto dell'attività di produzione, controllo e sorveglianza.

Alla luce delle profonde trasformazioni introdotte, il Decreto Legislativo 2 febbraio 2021, n. 19, ridisegna molti aspetti organizzativi tra cui le strutture e le competenze dell'Autorità centrale e delle Autorità regionali, l'Istituzione di una unità centrale di Segretariato per le emergenze fitosanitarie, la realizzazione di un Sistema informativo nazionale, la razionalizzazione dei punti di entrata, nonché la definizione delle procedure di controllo uniformi a livello nazionale e la formazione e l'aggiornamento permanente del personale fitosanitario.

Particolare importanza è data agli aspetti scientifici e diagnostici con l'istituzione dell'Istituto nazionale di riferimento, individuato nel CREA DC – Difesa e Certificazione, che è già laboratorio di riferimento europeo.

## ABSTRACT

The intense economic relations that have led to the globalization of markets and climate change have exponentially increased the risk of importing foreign harmful organisms, which can spread with devastating effects on crops and the stability of ecosystems, with consequent significant economic damage.

The new regulation (EU) 2016/2031 on protective measures against plants pests introduces novelties in every aspect of production, control and surveillance.

In light of the profound changes introduced, the Legislative Decree 2 February 2021, n.19, redesigns many organizational aspects, including the structures and competences of the Central and Regional Authority, the establishment of a central Secretariat unit for phytosanitary emergencies, the creation of a national information system, the rationalization of entry points, as well as the definition of uniform control procedures at national level and the training and permanent updating of phytosanitary personnel.

Particular importance is given to the scientific and diagnostic aspects with the establishment of the national reference institute, identified in CREA DC - Defense and Certification, which is already a European reference laboratory.

PIO FEDERICO ROVERSI<sup>1</sup>

## L'Istituto Nazionale di Riferimento per la Protezione delle Piante e i Laboratori di Quarantena per il controllo degli organismi nocivi

<sup>1</sup> CREA-DC, Istituto Nazionale di Riferimento per la protezione delle Piante

Nei prossimi anni il nostro Paese dovrà affrontare sfide strategiche nel contesto di un'Europa proiettata verso un modello di società che pone al primo posto percorsi di sostenibilità, nei quali anche l'agricoltura, i prodotti agricoli, la gestione delle foreste e delle aree naturali e i programmi di ampliamento del verde nelle città, dovranno essere declinati in funzione della tutela della salute dei cittadini, della inversione della perdita di biodiversità, della neutralità climatica e dell'aumento di competitività per un'Unione più ecologica, digitale e resiliente.

In tale contesto alla necessità di una continua elaborazione e affinamento delle strategie e strumenti di difesa fitosanitaria a basso impatto ambientale per il controllo dei danni causati da organismi/microrganismi dannosi indigeni o stabilmente insediati sul territorio nazionale si affianca la problematica derivante da nuove introduzioni accidentali di specie aliene nocive, afferisce alla identificazione univoca del "pest". Il problema si pone con analoga gravità sia che si tratti di organismi inclusi tra gli Insetti, Acari e Nematodi e sia che ci si ponga nell'ambito dei microrganismi comprendenti Virus, Viroidi, Fitoplasmidi, Batteri e Funghi. Le necessità in tale settore e le richieste di sempre più efficaci ed economici test diagnostici, stanno crescendo di pari passo con l'elevarsi dei controlli sui flussi commerciali da e verso il nostro Paese. Infatti non solo è aumentata la necessità di contrasto alle introduzioni accidentali ma è sempre più sentita l'esigenza per le nostre produzioni agricole nazionali di verificare l'assenza di talune specie nocive per le quali vari Paesi terzi adottano il blocco delle merci.

Nella più generale linea strategica Difesa delle Colture si collocano ricerche e sperimentazioni articolate e di ampio respiro che spaziano dalle indagini attinenti il settore del corretto impiego dei prodotti fitosanitari, siano essi di

sintesi che di derivazione naturale, alla individuazione di nuovi Biological Control Agents, alla messa a punto di metodologie innovative di monitoraggio fitosanitario, alle ricerche, su caratteri di resistenza e tolleranza delle piante ad agenti di danno, agli studi sulla biosicurezza e a differenti ambiti attinenti il controllo delle specie nocive, incluse le entità telluriche, in ambito agricoltura biologica.

In tale ambito se da una parte è richiesta una maggiore responsabilità sui materiali vegetali prodotti e una migliore organizzazione delle proprie strutture agli operatori professionali, dall'altra le autorità competenti per i controlli dovranno dotarsi di strutture conformi ai requisiti fissati e di risorse umane e finanziarie adeguate a garantire un intervento proattivo sugli organismi nocivi delle piante.

Si evidenzia anche che il CREA-DC in qualità di istituto nazionale di Riferimento per la Protezione delle Piante è “European Union Reference Laboratory for Pests on plants – Bacteria” ed “European Union Reference Laboratory for Pests on plants - Viruses, Viroids and Phytoplasmas”, e inoltre, come notificato alla Commissione Europea, Directorate-General for health and food safety le sezioni disciplinari i cui si articola il Centro CREA-DC, ovvero Entomologia agraria e forestale, Acarologia, Nematologia, Batteriologia, Micologia e Virologia, sono state designate quali Laboratori Nazionali di Riferimento per le rispettive tematiche (MIPAAF prot. N. 0034317 del 16/10/2019).

Alla luce della nuova normativa fitosanitaria Nazionale ed Europea e della recente pubblicazione il 2.02.2021 del D.lgs N.19 “Norme per la protezione delle piante dagli organismi nocivi”, il CREA-DC, individuato quale Istituto Nazionale di Riferimento per la Protezione delle Piante, ha assunto un ruolo chiave nella prevenzione dell'entrata e della diffusione degli organismi dannosi delle piante, anche in qualità di Laboratorio Nazionale di Riferimento (NRL) per le 6 categorie di organismi e microrganismi e di Laboratorio Europeo di Riferimento (EURL) sia per la Virologia che per la Batteriologia. In tale contesto il CREA-DC dovrà supportare su molteplici fronti il Sistema Paese nella difesa delle piante e dell'agricoltura nazionale.

Al fine di mettere a disposizione del Sistema Paese una infrastruttura nazionale in grado operare in condizioni di sicurezza biologica e di livello paragonabile a quanto già realizzato a livello mondiale nei principali Paesi industrializzati, è stata avviata la progettazione della Piattaforma Tecnologica Integrata “Custos Plantis – Guardiano delle Piante”, il cui progetto complessivo è stato elaborato dal Centro CREA-DC in accordo con i competenti Uffici del Ministero delle Politiche Agricole Alimentari e Forestali e la cui realizzazione è in corso con riferimento al primo Laboratorio Nazionale da Quarantena per il Controllo degli Insetti, degli Acari e dei Nematodi dannosi alle Piante.

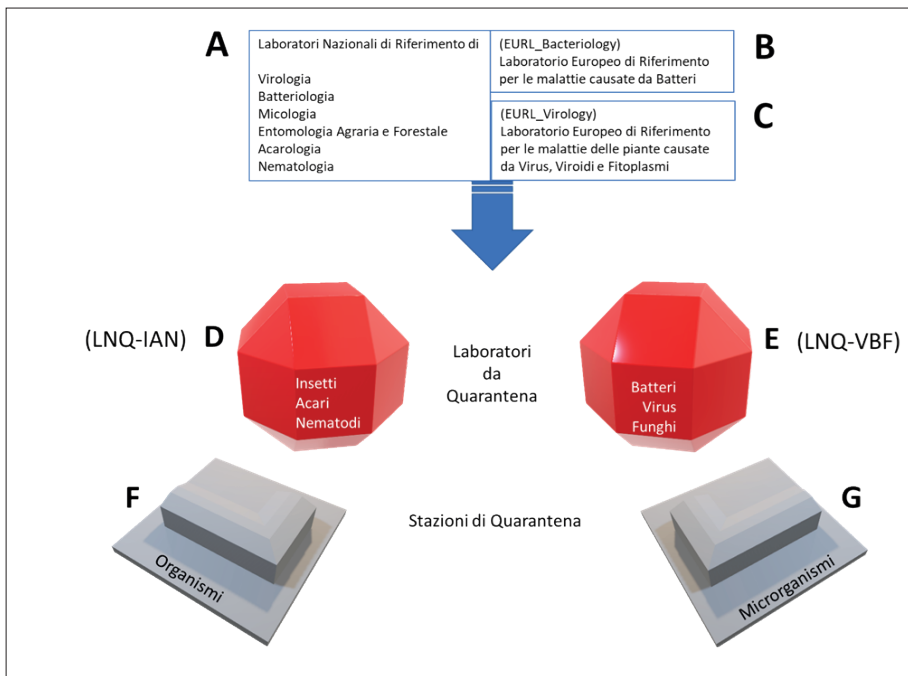


Fig. 1 *Strutture relative alla Piattaforma Tecnologica Integrata "CUSTOS PLANTIS"*

La Piattaforma Tecnologica Integrata "CUSTOS-PLANTIS – Guardiano delle Piante include strutture imperniata su due Laboratori Nazionali da Quarantena con livelli di biosicurezza definiti nell'ambito della Classificazione della World Health Organization. In considerazione del fatto che la biosicurezza è considerata a giusta ragione un elemento imprescindibile le richieste relative a progettazione del laboratorio e strutture annesse, impiantistica, attrezzature, sistemi di protezione fanno riferimento alle Linee Guida contenute nel Manuale OMS secondo l'edizione italiana curata dall'Istituto Superiore per la Prevenzione e la Sicurezza del Lavoro (ISPESL) (Laboratory Biosafety Manual, Terza Edizione 2004).

Elementi base della piattaforma sono:

- Laboratorio Nazionale da Quarantena per il Controllo dei Patogeni dannosi alle Piante, Virus, Viroidi, Fitoplasmi, Batteri, Funghi (LNQ-VBF);
- Laboratorio Nazionale da Quarantena per il Controllo degli Insetti, degli Acari e dei Nematodi dannosi alle Piante (LNQ-IAN).

All'interno di tali strutture saranno conservati anche materiali genetici di riferimento da porre a disposizione della rete laboratoristica ufficiale nazionale.

## RIASSUNTO

La Comunicazione della Commissione al Parlamento europeo, al Consiglio, al Comitato economico e sociale europeo e al Comitato delle regioni (COM 846/2020 del 18.12.2020) e le "Raccomandazioni agli Stati membri sui relativi piani strategici della Politica Agricola Comune", riconoscono i legami inscindibili tra persone sane, società sane e un pianeta sano". In tale quadro generale si evidenzia che un equilibrato sviluppo socio-economico e una gestione realmente sostenibile delle risorse alimentari e dell'ambiente non può prescindere dalla ricerca di innovative strategie di difesa fitosanitaria da fitofagi e patogeni che minacciano i principali sistemi agricoli e le foreste.

Alla luce della nuova normativa fitosanitaria Nazionale ed Europea e della recente pubblicazione il 2.02.2021 del D.lgs N.19 "Norme per la protezione delle piante dagli organismi nocivi", il CREA-DC, individuato quale Istituto Nazionale di Riferimento per la Protezione delle Piante, ha assunto un ruolo chiave nella prevenzione dell'entrata e della diffusione degli organismi dannosi delle piante, anche in qualità di Laboratorio Nazionale di Riferimento (NRL) per le 6 categorie di organismi e microrganismi e di Laboratorio Europeo di Riferimento (EURL) sia per la Virologia che per la Batteriologia. In tale contesto il CREA-DC dovrà supportare su molteplici fronti il Sistema Paese nella difesa delle piante e dell'agricoltura nazionale. L'Istituto ha già avviato nel corso del corrente anno la realizzazione della Piattaforma Tecnologica Integrata "CUSTOS-PLANTIS – Guardiano delle Piante", che comprende due laboratori Nazionali di Quarantena per lo studio e il controllo di organismi alieni nocivi alle piante: il Laboratorio Nazionale di Quarantena per il Controllo di Insetti, Acari e Nematodi (LNQ-IAN) e il Laboratorio di Quarantena per il Controllo di Virus, Viroidi, Fitoplasmi, batteri e Funghi (LNQ-VBF).

## ABSTRACT

*The National Reference Institute for Plant Protection and Pest Quarantine Laboratories* The Communication from the Commission to the European Parliament, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions (COM 846/2020 of 18.12.2020) and the "Recommendations to Member States on the related Common Agricultural Policy strategic plans", emphasize the strong connection between healthy people, healthy societies and a healthy planet". In this context, it is worth noting that a sustainable management of food resources and environment are bound to rely on innovative strategies aimed at phytosanitary protection from "pests" that may endanger the main agricultural and forests ecosystems.

In the light of the new National and European phytosanitary regulations and of the publication on 2.02.2021 of the Legislative Decree No. 19 "Standards for plant protection from harmful organisms", the CREA-DC, identified as the National Reference Institute for Plant Protection, has assumed a key role in preventing the introduction

and spread of harmful organisms. The Institute has already started in the current year the construction of the Integrated Technological Platform “CUSTOS-PLANTIS - Plant Guardian”, which includes two National Laboratories for the study and control of alien species harmful to plants: the National Quarantine Laboratory for the Control of Viruses, Viroids, Phytoplasmas, Bacteria and Fungi (NQL-VBF) and the National Quarantine Laboratory for the Control of Insects, Mites and Nematodes (NQL-IMN).

#### BIBLIOGRAFIA

- EPPO/OEPP (2019): *Review of EPPO's approach to Pest Risk Analysis*, EPPO Technical Document No. 1079, 64 pp.
- FAO (2016): *International standards for phytosanitary measures*, ISPM 34, Design and operation of post-entry quarantine stations for plants, 13 pp.
- FAO, International Plant Protection Convention (2017): *Pest risk analysis for quarantine pests*, <https://www.ippc.int/en/core-activities/standards-setting/ispm34/> .
- World Health Organization (2004): *Laboratory Biosafety Manual*, 4th edition, ISBN 978-92-4-001132-8, 101 pp.

GIACOMO LORENZINI<sup>1</sup>

## Cambiamenti climatici e malattie delle piante

<sup>1</sup> Dipartimento di Scienze Agrarie, Alimentari e Agro-ambientali e CIRSEC, Centro Interdipartimentale di Ricerca per lo Studio degli Effetti del Cambiamento Climatico, Università di Pisa

### INTRODUZIONE

I fattori climatici sono determinanti nei rapporti tra organismi, ad esempio nelle interazioni tra ospite e patogeno. Ogni stato infettivo si realizza allorché si trovano compresenti per un adeguato lasso di tempo i tre fattori chiave: un agente causale virulento, un ospite suscettibile (la vittima) e i parametri ambientali, che devono consentire la “chiusura” di quello che viene comunemente definito il “triangolo della malattia”; a questo “modello base” (con due protagonisti biotici, la pianta e l’aggressore) si possono affiancare situazioni nelle quali hanno un ruolo essenziale anche i vettori (es. insetti) ed eventualmente ospiti intermedi necessari per il completamento del ciclo vitale del patogeno. Il clima (uno dei player fondamentali del fattore “ambiente”) può influenzare il patogeno (così come i suoi nemici naturali), gli ospiti (primari e secondari), i vettori, le possibilità di intervento di difesa e, più in generale, l’habitat ove tali rapporti hanno luogo.

Esistono numerose evidenze di interferenze dei cambiamenti climatici sui rapporti ospite-patogeno: il tema riguarda le malattie dell’uomo (Khan et al., 2019), quelle degli animali (particolarmente studiate sono le micosi degli anfibi – Grogan et al., 2018), così come le fitopatie. Scopo di questa breve nota è quello di passare in rassegna alcuni degli aspetti di maggior interesse relativi a quest’ultimo tema, sulla base anche della crescente attenzione riservatagli dalla comunità scientifica (Gullino et al., 2021; fig. 1).

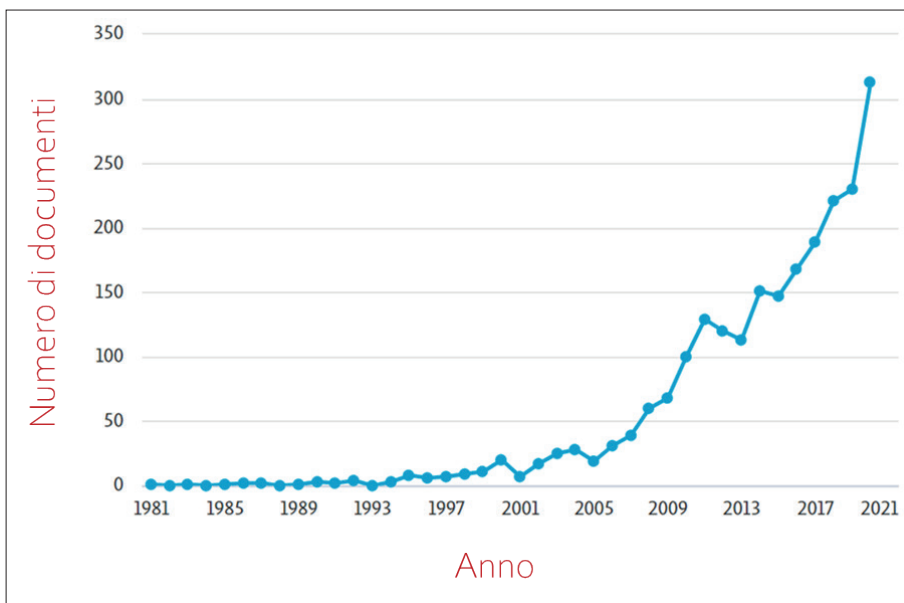


Fig. 1 *Andamento temporale delle pubblicazioni scientifiche sui temi relative alle interazioni tra cambiamento climatico e malattie delle piante (fonte: Scopus, settembre 2021; 2256 documenti consultati; parole chiave: climate change & plant diseases)*

#### CAMBIAMENTI CLIMATICI: COSA STA ACCADENDO?

Esistono infinite scuole di pensiero (e forse altrettante definizioni della materia), che costituiscono da tempo un tema all'attenzione della politica e della scienza; per gli scopi del presente lavoro è utile fissare alcuni (pochi) punti, sui quali la comunità internazionale appare pressoché concorde, e segnalare altresì altri temi che sono ancora “aperti”, ma che, verosimilmente, potranno avere un contributo non banale alle problematiche aperte. Inutile sottolineare l'attenzione che il mondo della politica sta riservando a questi argomenti, attenzione, purtroppo, non sempre seguita dall'adozione di adeguati interventi di mitigazione e compensazione.

Un dato è fuori discussione: la presenza di  $\text{CO}_2$  (anidride carbonica, o, meglio, biossido di carbonio) atmosferica sta salendo (e si ritiene che la causa prevalente sia l'utilizzo di combustibili fossili), ha raggiunto livelli mai riscontrati da molte migliaia di anni (fig. 2) e sta modificando il clima sotto i nostri occhi. Parallelamente al tenore in  $\text{CO}_2$ , infatti, assistiamo a un incremento delle temperature (minime, medie e massime) che non ha precedenti nella



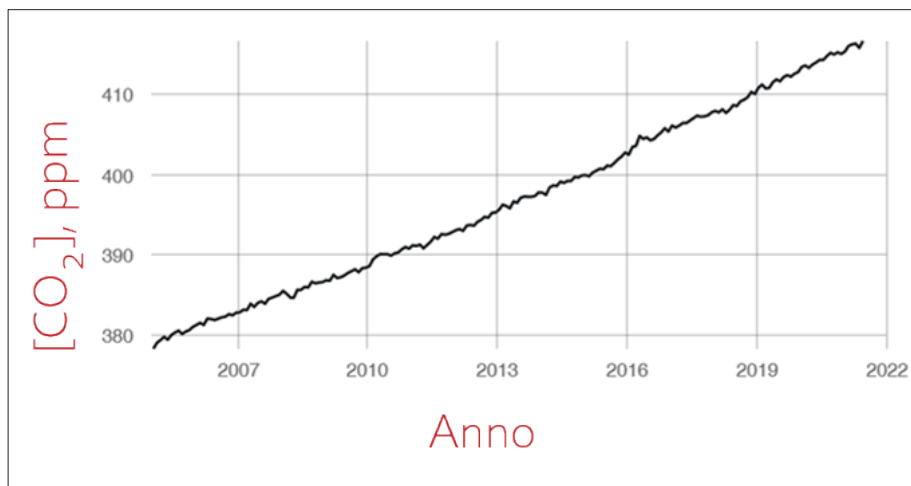


Fig. 2 Andamento delle concentrazioni medie mensili di  $\text{CO}_2$  in atmosfera rilevate al Mauna Loa Observatory nelle Hawaii. Il record è di 417 ppm, raggiunto nel giugno 2021. Questo valore rappresenta un aumento del 48% rispetto all'era pre-industriale (quando tale dato era 280 ppm) e del 13% rispetto all'anno 2000 (370 ppm). Fonte: <https://climate.nasa.gov>

storia del Pianeta. L'ultima decade (2010-2019) ha segnato in Europa valori medi record, superiori di circa 1,7-1,9 °C rispetto ai livelli pre-industriali (Krauskopf e Huth, 2020).

È noto come la temperatura costituisca il più importante degli elementi climatici, perché condiziona gli altri: con la sua differente distribuzione fa variare la pressione e quindi determina spostamenti di masse d'aria (vento), produce evaporazione, e quindi umidità, con conseguenti condensazioni e precipitazioni (es. pioggia). Ciò che preoccupa è la velocità con la quale questi fenomeni si stanno verificando, che potrebbe creare stati di crisi, specialmente negli ecosistemi naturali. Il quadro è infinitamente complesso e coinvolge tutte le sfere di interesse della salute e del benessere. Interi capitoli delle nostre aree del sapere dovranno essere riscritti alla luce delle nuove evidenze.

In breve, gli effetti del cambiamento climatico danno luogo a fenomeni che possiamo definire acuti, caratterizzati da breve durata ma alta intensità (es. eventi meteo estremi, come nubifragi e ondate di calore, incendi forestali, incremento dell'attività fotochimica in atmosfera con formazione di smog), oppure cronici, di lungo periodo (es. innalzamento del livello di mari e oceani, fusione delle calotte glaciali e dei ghiacciai, desertificazione, modificazioni del microclima e degli areali di distribuzione delle specie viventi).

## CAMBIAMENTI CLIMATICI: QUALI IMPATTI SUI VEGETALI?

*Fenologia*

I cambiamenti climatici in atto e quelli previsti sono responsabili di significative variazioni, peraltro ampiamente diversificate tra le specie, nella scansione temporale delle attività stagionali. Negli ecosistemi mediterranei, le foglie di numerose piante decidue schiudono in media 16 giorni prima e cadono 13 giorni dopo rispetto a mezzo secolo fa (Penuelas e Filella, 2001). Questo implica un allungamento della stagione vegetativa, con inevitabili ripercussioni sui cicli dell'acqua e dei nutrienti, così come sull'attività degli insetti pronubi e degli altri simbionti. Occorre sottolineare come la velocità di reazione dei vari taxa alle variazioni climatiche può essere molto diversa, sì da indurre parziali disaccoppiamenti nelle attività biologiche di vari "partner".

*Distribuzione geografica delle specie*

A puro titolo di esempio, si stima che un aumento di 3 °C nella temperatura media annua comporti uno spostamento nelle aree temperate delle isoterme di 300-400 km in latitudine o 500 m in altitudine (Hughes, 2000); il fenomeno è caratterizzato da velocità diverse tra le varie componenti ecosistemiche. Ovviamente, c'è da attendersi un contemporaneo spostamento dei microrganismi associati alle piante, a cominciare dai patogeni.

*Caratteristiche morfologiche e fisiologiche*

Architettura della pianta (es. taglia, dimensioni delle foglie) e delle strutture vegetali ("canopy") (tutti parametri che inducono effetti sul microclima), tassi di accrescimento (in termini assoluti e relativi), caratteristiche morfologiche delle strutture di superficie (es. cuticola), attività fisiologiche (a cominciare da fotosintesi, respirazione ed efficienza di uso dell'acqua), biochimismo (con particolare riguardo al metabolismo secondario), relazioni simbiotiche (es. micorrize): ecco alcuni dei fattori "chiave" coinvolti nei processi di reazione della pianta all'aggressione microbica. Questi fenomeni, a loro volta, innescano, a catena, variazioni in tutte le componenti ecosistemiche, a cominciare, ad esempio, dalla variata produzione di residui vegetali (lettiera). L'effetto di singoli fattori è sufficientemente noto, almeno per grandi linee; e però quasi impossibile, descrivere andamenti generali e quadri di sintesi.

*Frequenze geniche e rapporti tra specie*

Le mutate condizioni ambientali saranno in grado di interferire sulle composizioni geniche degli esseri viventi, con frequenza e intensità verosimilmente assai differenziate. Ne conseguiranno significative variazioni negli equilibri dinamici, ad esempio nella competizione per lo spazio, l'acqua e i nutrienti. L'evoluzione dei patogeni sarà accelerata dalla maggior fertilità, che comporta un più veloce aumento della popolazione. Le interazioni microbiche (es. filloplano, micorrize) subiranno variazioni negli equilibri tra le varie componenti, come conseguenza delle variate condizioni (micro)ambientali, ma le direzioni di questi cambiamenti sono poco prevedibili.

## CAMBIAMENTI CLIMATICI: QUALI IMPATTI SULLE MALATTIE DELLE PIANTE?

Saranno analizzati separatamente i tre protagonisti del “triangolo della malattia” (patogeno, ospite, ambiente). Particolare attenzione sarà riservata alle malattie sostenute da crittogame, trattandosi dell'argomento maggiormente studiato. È doveroso, comunque, sottolineare l'enorme variabilità di situazioni (dalla biologia agli aspetti ecologici) che caratterizza il tema.

*Effetti sul patogeno*

Sopravvivenza, moltiplicazione, riproduzione, germinazione, accrescimento, capacità competitiva, fitness, patogenicità: sono questi i parametri critici che condizionano le possibilità di successo di un agente nocivo per le piante. Ovviamente, vi sono anche gli aspetti relativi alle mutate distribuzioni geografiche dei parassiti. Spesso sono sufficienti minime modificazioni in un fattore ambientale (es. temperatura) per consentire rapide esplosioni demografiche dei microrganismi. Nelle nostre zone climatiche, l'inverno è la fase maggiormente critica nel ciclo dei fitopatogeni, rappresentando una sorta di “collo di bottiglia”, che spesso porta alla morte la quasi totalità della loro popolazione; è lecito dedurre che molti agenti di malattia beneficeranno delle nuove situazioni climatiche. Attenzione merita il fatto che gli effetti di tali variazioni possono essere ingigantiti agli estremi: ad esempio, nelle condizioni di Canberra (Australia), un riscaldamento medio di 2 °C (del tutto realistico sulla base degli scenari previsti) comporta che i giorni totali con temperature inferiori a 0 °C scendono da 9 a 2 (Hennessy e Pittock, 1995).

Il numero di generazioni dei funghi policiclici e l'accrescimento stagionale negli altri saranno favoriti nelle nuove situazioni, grazie a due distinti meccanismi: allungamento del periodo vegetativo dell'ospite e accelerato sviluppo del microrganismo.

### *Effetti sulla pianta*

Un significativo aumento della concentrazione di  $\text{CO}_2$  è associabile a incrementi di produzione (maggiori per le piante C3); è comunque verosimile immaginare che a questa azione fertilizzante si associ una ridotta qualità nutrizionale della biomassa prodotta. Le previste riduzioni di densità e conduttanza degli stomi (Zheng et al., 2019) sono virtualmente correlate a situazioni che svantaggiano i patogeni fogliari che sfruttano tali aperture per invadere i tessuti (es. ruggini e peronosspore). Il quadro potrebbe, però, essere assai più complesso: le modificate attività stomatiche riducono la diffusione di composti volatili, necessari per la chemiotassi (localizzazione per via chimica del bersaglio).

### *Effetti sulle interazioni ospite/patogeno*

Lo scenario che prevede prevalentemente un aumento della superficie fogliare e un allungamento del ciclo vegetativo, della produzione di biomassa epigea e radicale, inevitabilmente coinvolge aspetti che riguardano il microclima (in particolare l'umidità relativa nella patozona) e la disponibilità quali-quantitativa di nutrienti: sono questi, tutti fattori favorevoli all'instaurarsi dello stato di malattia. Ad esempio, livelli elevati di  $\text{CO}_2$  sono normalmente associati a moderate riduzioni nel contenuto in azoto dei tessuti: questo alterato rapporto C:N potrebbe influire sulle prestazioni degli insetti ad apparato boccale succhiante (es. afidi) che trattengono i composti azotati ed escretano gran parte dei carboidrati, sotto forma di "melata", substrato ideale per i funghi responsabili della formazione di "fumaggine" (il fenomeno viene definito compensatory feeding). Pertanto, in queste nuove condizioni il rischio "fumaggine" aumenterebbe, ma – allo stesso tempo – le piante potrebbero risultare meno attrattive per gli insetti.

Gli spostamenti di areali di diffusione, infine, possono portare a inedite combinazioni "ospite-parassita", sia per l'introduzione di una specie vegetale che va a incontrare un patogeno nativo, sia per il caso opposto (un patogeno si espande e intercetta un nuovo ospite).

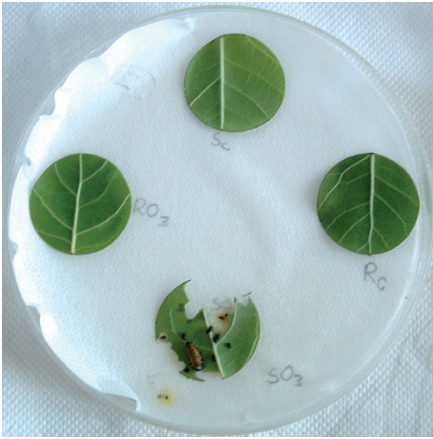


Fig. 3 Un esperimento di “scelta multipla”, nel quale una larva del coleottero *Chrysomela populi* è posta al centro della piastra Petri in presenza di dischi fogliari ottenuti da piante di pioppo, rispettivamente resistenti o suscettibili a ozono, trattate, o meno, con l'inquinante gassoso a concentrazioni realistiche. L'insetto sistematicamente si indirizza verso il materiale ottenuto da un individuo suscettibile e trattato, ignorando le altre tre opzioni (da Cotrozzi et al., 2021)

Un capitolo importante che merita attenzione è pure quello relativo al ruolo dei cambiamenti climatici sulla presenza di micotossine (Perrone et al., 2020).

### *Effetti sui vettori*

Una discreta massa di informazioni è stata raccolta a proposito delle interferenze dell'aumento di temperatura sugli insetti erbivori; scarse, invece, sono le evidenze sperimentali di un ruolo degli altri fattori dei cambiamenti climatici globali, a cominciare dall'incremento di  $\text{CO}_2$  e di UV-B. Come atteso, tutte le fasi del ciclo biologico possono essere modificate dalle variazioni di temperatura, ma agli effetti diretti devono essere aggiunti quelli indiretti, legati alle variazioni indotte su altri organismi (es. piante, predatori, parassitoidi). Importante sembra essere l'ecologia delle varie specie, potendosi immaginare un effetto minimo a carico di quelle che presentano alta plasticità fenotipica e genotipica, rispetto a quelle che occupano nicchie ristrette in ambienti estremi.

Più in generale, le interazioni tra piante e organismi erbivori si sono sviluppate in risposta a dinamiche coevolutive, accompagnate dai fattori abiotici. Un esempio di come la presenza di ozono – un inquinante troposferico la cui presenza è destinata ad aumentare proprio nei nuovi scenari di riscaldamento globale – possa influenzare la scelta trofica di un insetto è riportato in figura 3.

*Effetti sugli interventi di difesa*

L'efficacia dei trattamenti fitoiatrici è fortemente condizionata dalle condizioni climatiche: variazioni in frequenza, intensità e durata degli eventi piovosi, specialmente nelle prime fasi dopo l'intervento alle foglie, inevitabilmente avranno effetti sulle misure di difesa. Le variazioni a carico dell'anatomia fogliare e del sistema vascolare potrebbero non essere neutre rispetto all'assorbimento e traslocazione di agrofarmaci sistemici. A proposito di miglioramento genetico, sono noti casi in cui la resistenza a un patogeno è termo-dipendente, e quindi potenzialmente soggetta a variazioni nell'ottica dei cambiamenti globali. Assolutamente scarse, infine, sono le conoscenze circa le possibili interazioni tra cambiamenti climatici e agenti di difesa biologica. In quest'ultimo caso si tratta di relazioni tritrofiche (piante, fitofagi e loro nemici naturali) che danno vita a un sistema complesso nei confronti del quale le variazioni climatiche possono interagire in vari modi.

## CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

È certamente il settore primario (agricoltura e forestazione) quello maggiormente vulnerabile agli effetti destabilizzanti dei cambiamenti climatici. Le malattie sono importanti fattori che condizionano le prestazioni biologiche delle piante e possono addirittura causarne l'estinzione da vaste aree; non sono rari i casi che hanno visto le fitopatie protagoniste della storia (valga per tutti l'emigrazione verso l'America degli irlandesi negli ultimi anni '40 del XIX secolo, a causa delle devastanti epidemie di *Phytophthora infestans*, agente della peronospora della patata) o del paesaggio (si pensi alla pandemia di *Ceratocystis fimbriata* su platano nella Toscana litoranea). Si deve anche pensare che questi fenomeni innescano, a loro volta, effetti ecologici a cascata, coinvolgenti le biocenosi (es. quelle degli insetti) associate alle piante vittime delle epidemie.

Le interazioni dei fattori ambientali sui rapporti tra specie sono determinanti, e le modificazioni in questione sono indubbiamente capaci di variare gli equilibri sinora noti. Si consideri che, ad esempio, i patogeni fungini hanno cicli biologici quanto mai brevi (anche dell'ordine di pochi giorni) e dimensioni di popolazione enormi, così da risultare dei veri organismi test per la verifica degli effetti biologici delle variate condizioni fisiche e chimiche dei nostri parametri ambientali.

Una visione complessiva di come i cambiamenti globali modificheranno le attuali relazioni ospite-patogeno non è al momento possibile. Le conoscen-

ze sull'influenza dei cambiamenti climatici sulle fitopatie sono limitate, e la maggior parte delle informazioni derivano da studi in condizioni controllate relativi al ruolo di singoli variabili chimiche o fisiche sull'ospite, sul patogeno o sulle loro interazioni. Sarebbe, comunque, da aggiungere che il quadro è tutt'altro che definito anche per quanto concerne le possibili variazioni indotte sulle piante, essendo in molti casi dimostrato che gli effetti sono specie-specifici e spesso anche organo-specifici.

La situazione è decisamente complessa, sia per la notevole differenza di fattori forzanti, che hanno impatto diversificato sui bersagli biologici, sia per la varietà delle infinite combinazioni rappresentate dai patosistemi, caratterizzate da meccanismi di aggressione e strategie difensive quanto mai eterogenee. Indubbiamente la scarsità di informazioni su questi argomenti costituisce elemento limitante nello sviluppo di modelli di simulazione, che oggi di norma ignorano il contributo delle malattie nelle prestazioni produttive. Molti aspetti dovranno, poi, essere meglio messi a fuoco, a cominciare dal ruolo dei cambiamenti politico-sociali e tecnologici sulle piante coltivate e naturali, come l'introduzione di materiale migliorato geneticamente. La conclusione è del tutto aperta: i cambiamenti climatici possono avere influenza positiva, negativa o, forse, neutra nei rapporti tra piante e patogeni. Un dato, però, è certo: su questi argomenti oggi ci sono più domande che risposte.

#### RIASSUNTO

I cambiamenti climatici rappresentano la sfida principale che l'umanità deve affrontare in questo secolo e le malattie delle piante da sempre costituiscono uno dei principali fattori che hanno effetti sulle produzioni agricole globali. Le conoscenze sull'influenza dei mutamenti ambientali sulle fitopatie sono ancora limitate, e la maggior parte delle informazioni derivano da studi condotti in condizioni controllate e relativi al ruolo di singoli variabili meteorologiche o componenti atmosferiche sull'ospite, sul patogeno o sulle loro interazioni. Evidenze sono disponibili che i fenomeni in oggetto possono modificare tutte le fasi del ciclo di un patogeno (e dei suoi vettori) e interferire su morfologia, fisiologia e capacità di risposta della pianta; inoltre, sono prevedibili modificazioni nella distribuzione geografica delle specie, con potenzialità di adeguamento assai diversificate. L'attenzione ora dovrebbe essere concentrata nello sviluppo di strategie di adattamento e mitigazione. Occorre valutare l'efficacia nei nuovi scenari climatici delle attuali metodiche di difesa, chimica e non, ma anche riscrivere i protocolli finalizzati alla messa a punto di nuove soluzioni per la protezione delle piante. Le analisi di rischio dovrebbero essere riconsiderate alla luce delle mutate condizioni ambientali. La materia appare complessa e aggiunge un ulteriore elemento di incertezza in un sistema predittivo quanto mai fragile.

## ABSTRACT

*Climate Change and Plant Diseases.* Climate change is the major threat of the present century and plant diseases are one of the important factors which have a direct effect on global agricultural productivity. Knowledge on influence of climate changes on plant diseases is limited, and most work concentrates on the effects of a single meteorological variable or atmospheric constituent on the host, the pathogen, or their interaction under controlled conditions. Climate changes can alter all the stages of development of the pathogen (and of its vectors) and result in changes in the morphology and physiology of the host plant, as well as modify host-pathogen interactions. Moreover, shifts in the geographical distribution of species are expected to occur. Now, emphasis should shift from impact assessment to developing adaptation and mitigation strategies. First, there is need to evaluate under climate change the efficacy of current control tactics, and secondly, to include future climate scenarios in all research aimed at developing new tools and tactics. Present disease risk analyses should be re-evaluated in the light of the new environmental scenarios. The topic adds another layer of complexity and uncertainty onto a difficult to manage predictive system.

## BIBLIOGRAFIA

- COTROZZI L., CONTI B., LORENZINI G. ET AL. (2021): *In the tripartite combination ozone-poplar-Chrysomela populi, the pollutant alters the plant-insect interaction via primary metabolites of foliage*, «Environmental Research», 201:111581 – doi: 10.1016/j.envres.2021.111581
- GROGAN L., ROBERT J., BERGER L. ET AL. (2018): *Review of the amphibian immune response to chytridiomycosis, and future directions*, «Frontiers in Immunology», 09 November 2018 – doi: 10.3389/fimmu.2018.02536
- GULLINO M.L., ALBAJES R., AL-JBOORY H. ET AL. (2021): *Scientific review of the impact of climate change on plant pests*, Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, 72 pp. - <http://www.fao.org/3/cb4769en/online/cb4769en.html>
- HAMANN E., BLEVINS C., FRANKS S.J ET AL. (2021): *Climate change alters plant-herbivore interactions*, «New Phytologist», 229, pp. 1894-1910 – doi: 10.1111/nph.17036
- HENNESSY K.J., PITTOCK A.B. (1995): *Greenhouse warming and threshold temperature events in Victoria, Australia*, «International Journal of Climatology», 15, pp. 591-612.
- HUGHES L. (2000): *Biological consequences of global warming: is the signal already apparent?*, «Trend in Ecology & Evolution», 15, pp. 56-61 – doi: 10.1016/S0169-5347(99)01764-4
- KHAN M.D., THI VU H.H., LAI Q.T, AHN J.W. (2019): *Aggravation of human diseases and climate change nexus*, «International Journal of Environmental Research & Public Health», 16: 2799 – doi: 10.3390/ijerph16152799
- KRAUSKOPF T., HUTH R. (2020): *Temperature trends in Europe: comparison of different data sources*, «Theoretical and Applied Climatology», 139, pp. 1305-1316 – doi: 10.1007/s00704-019-03038-w
- PENUELAS J., FILELLA I. (2001): *Responses to a warming world*, «Science», 294, pp. 793-795 – doi: 10.1126/science.1066860



- PERRONE G., FERRARA M., MEDINA A. ET AL. (2020): *Toxigenic fungi and mycotoxins in a climate change scenario: ecology, genomics, distribution, prediction and prevention of the risk*, «Microorganisms», 8 (10): 1496 – doi: 10.3390/microorganisms8101496
- ZHENG Y., LI, F., HAO L. ET AL. (2019): *Elevated CO<sub>2</sub> concentration induces photosynthetic down-regulation with changes in leaf structure, non-structural carbohydrates and nitrogen content of soybean*, «BMC Plant Biology», 19, 255 – doi: 10.1186/s12870-019-1788-9

STEFANIA TEGLI<sup>1</sup>, DARIO GAUDIOSO<sup>1</sup>

## Cambiamenti globali e fitopatogeni da quarantena: ricerca, innovazione, trasferimento, prevenzione

<sup>1</sup> Laboratorio di Patologia Vegetale Molecolare, Dipartimento di Scienze e Tecnologie Agrarie, Alimentari Ambientali e Forestali, Università degli Studi Firenze

Nel 2020 avremmo dovuto festeggiare l'anno internazionale della salute delle piante. E così è stato, sebbene non si sia realizzato molto di quanto programmato, oltre che sperato e voluto. L'obiettivo di questa iniziativa promossa dalle Nazioni Unite era informare ed educare l'opinione pubblica sulla necessità di tutelare la salute delle piante, nel più ampio ambito della salvaguardia dell'ambiente, nonché nel rispetto degli aspetti economici legati alla produzione e al commercio. Le attività previste erano rivolte a un pubblico estremamente eterogeneo, dai singoli individui fino a politici e interi governi, su scala regionale, nazionale e internazionale.

Ma forse la causa dell'impossibilità a celebrare l'anno internazionale della salute delle piante, ovvero la pandemia Covid-19 da coronavirus SARS-CoV-2, ha paradossalmente contribuito a sensibilizzare i vari destinatari di questa iniziativa su alcuni semplici concetti e relazioni che sono alla base e comuni a tutte le epidemie, qualunque sia l'ospite, umano, animale o appunto vegetale. L'esperienza della pandemia Covid-19 e delle sue vittime, in termini di perdite di vite umane, posti di lavoro, sconvolgimenti sociali e politici, hanno reso tutti più consapevoli e ricettivi verso alcune definizioni biologiche (es. patogeno, virus, ospite, salto d'ospite, soggetto serbatoio), come pure della complessità delle conseguenze di un'epidemia.

In ambito vegetale, è sicuramente immediato pensare a un'epidemia come causa della compromissione della sicurezza alimentare. Ma anche così fosse, la scarsa disponibilità di cibo sarebbe essa stessa elemento scatenante di ulteriori, drammatiche e destabilizzanti conseguenze a livello socio-economico e politico per il Paese dove tale epidemia si verifica.

A tal proposito è da ricordare l'esempio storico della Grande carestia irlandese che colpì questo Paese verso la metà del XIX secolo (1845-1852 circa),

quando la quasi totalità della popolazione viveva in condizioni miserrime, e le patate costituivano l'elemento essenziale e spesso unico della loro alimentazione. Allo sfortunato arrivo in Irlanda dell'oomicete fitopatogeno *Phytophthora infestans*, di origine Andina e proveniente dall'America e che oggi sappiamo essere l'agente causale della cosiddetta Peronospora della patata e del pomodoro, fece seguito la sua rapida diffusione in tutto il Paese, favorito dalle condizioni climatiche verificatesi nell'estate del 1845, oltre che dall'enorme uniformità genetica dell'ospite. Già a partire da quell'anno, il raccolto delle patate andò quasi completamente distrutto. Nel quinquennio 1845-1860, l'Irlanda vide un milione di morti per fame o di malattie infettive legate a questa carestia, oltre a perdere un milione e mezzo di irlandesi, che emigrarono altrove, soprattutto negli Stati Uniti e in Australia. Quasi mezzo secolo dopo, nel corso della Prima guerra mondiale, la *P. infestans* ricomparve, stavolta in Germania, dove la popolazione riuscì a superare tale drammatico evento deviando il proprio approvvigionamento alimentare verso le rape.

Epidemia vegetali devastanti sono state soggetti letterari o cinematografici. Basti ricordare il libro *Morte dell'erba* di John Christopher, in cui il virus fitopatogeno Chung-Li evolve, allargando la sua cerchia d'ospite dal riso fino a includere rapidamente tutte le *Graminaceae* di maggior interesse agroalimentare. Nel film di fantascienza *Interstellar* (2014) del regista inglese Christopher Nolan, tutte le principali colture vengono progressivamente affette e distrutte da una malattia ("the Blight") causata da un fitopatogeno non declinato tassonomicamente, con l'esclusione del mais che finisce per rimanere l'unica fonte di approvvigionamento alimentare, su una Terra in cui anche il resto della vegetazione viene colpita e che ben presto diventerà desertica. In tutte le epidemie dei vegetali appena descritte, reali o di fantasia, alla fame si accompagnano sempre povertà, disordini, rivolte, fenomeni migratori, in altri termini sconvolgimenti socio-politici più o meno rilevanti nelle loro conseguenze.

Tra quelli sicuramente meno drammatici è sicuramente da citare l'epidemia da *Hemileia vastatrix*, agente della ruggine del caffè, che nel 1870 colpì le coltivazioni di questa pianta nell'isola di Ceylon, oggi chiamata di Sri Lanka.

All'epoca Ceylon apparteneva già agli inglesi, ceduta dagli olandesi i quali qui avevano già sviluppato la coltivazione del caffè con i suoi relativi fiorenti commerci verso l'Europa, dove in quel periodo il caffè era considerato una bevanda più raffinata del tè, allora reperibile più a buon mercato. Considerato l'alto valore economico, anche gli inglesi dunque investirono nella coltura del caffè in questa loro colonia, finché l'arrivo di *H. vastatrix* non causò la pressoché completa distruzione delle piantagioni realizzate nell'isola di Ceylon nel giro di quasi un ventennio. Nonostante che il caffè non sia una coltura indispensabile per l'alimentazione umana, fame e morti per malnutrizione

afflissero la popolazione di Ceylon, proprio per la povertà conseguente al crollo di un'economia basata sul caffè. La soluzione di tale crisi socio-economica fu trovata nella riconversione delle coltivazioni di caffè in piantagioni di tè, che fu progressiva ma di successo, e che ha di conseguenza indotto anche gli inglesi a convertirsi definitivamente al tè, al punto che questa bevanda è poi divenuta una delle più emblematiche icone delle tradizioni inglesi.

Questi esempi nonché l'attuale pandemia Covid-19 hanno, disgraziatamente per tutti noi, un paio di rilevanti caratteristiche comuni, le quali sono a loro volta interconnesse e di seguito discusse.

Un'epidemia ha in genere un impatto devastante quando è causata da un patogeno che non ha mai avuto l'opportunità di evolversi insieme al suo potenziale ospite nel medesimo ambito spazio-temporale, in modo che la reciproca pressione selettiva possa plasmare l'interazione fino al raggiungimento di un equilibrio, situazione che implicitamente prevede l'esistenza di un certo livello di resistenza nell'eterogeneità delle popolazioni dell'ospite. Le epidemie vegetali precedentemente riportate, ma anche quella da coronavirus SARS-CoV-2, hanno avuto appunto questa genesi. Per i loro agenti causali sono spesso utilizzati, quali sinonimi, termini quali organismo alieno, invasivo, da quarantena. In realtà, queste definizioni non sono sinonime e le sfumature di significato che le caratterizzano fanno la differenza, ma soprattutto debbono essere effettivamente considerate proprio nell'ottica delle diverse misure di prevenzione e lotta da mettere in atto verso ciascuna di queste categorie di (spesso potenziali) patogeni. In breve, un patogeno è definito come alieno quando è del tutto estraneo all'ecosistema al quale potrebbe adattarsi, o dove è stato recentemente introdotto ma non ancora stabilito e diffuso.

Pertanto, tra i sinonimi attualmente più utilizzati, e in modo corretto, vi sono quelli di patogeno esotico, non indigeno, non autoctono. Spesso gli organismi alieni possono essere anche organismi invasivi, ovvero capaci di diffondere e stabilirsi con successo e rapidamente nelle zone in cui sono stati introdotti, causando un impatto biologico notevole su questo ecosistema fino a causare la scomparsa o sostituzione di alcune delle sue specie autoctone, per le loro maggiori capacità competitive e d'adattamento, ma anche per fattori dell'ecosistema medesimo quali la mancanza di antagonisti naturali e di resistenze nei potenziali ospiti.

Infine, la definizione di patogeno da quarantena fonde lo *status* legislativo con le caratteristiche biologiche ed ecosistemiche di un patogeno. Analogamente ad altri Paesi o loro federazioni, nell'Unione Europea sono definiti patogeni da quarantena quei microrganismi che non sono ancora presenti sul territorio dell'UE, oppure ufficialmente eradicati, o comunque confinati nella loro distribuzione, e capaci di grave impatto da un punto di vista economico,

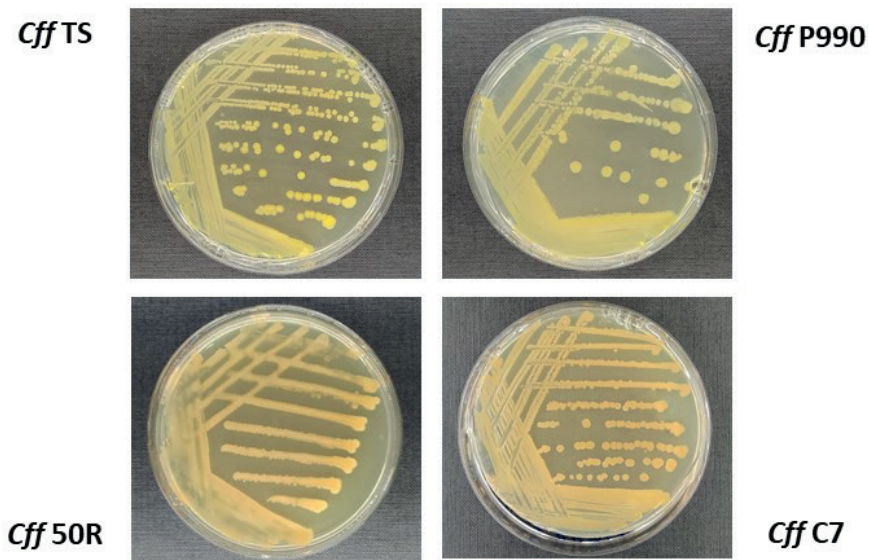


Fig. 1 Ceppi di *Curtobacterium flaccumfaciens* pv. *flaccumfaciens*, agente dell'avvizzimento batterico del fagiolo, coltivati in vitro su mezzi sintetici agarizzati (Immagini di Dario Gaudioso)

ambientale e sociale. Per i patogeni da quarantena dell'UE sono previste e definite per legge una serie di limitazioni e di controlli per impedirne l'introduzione, il movimento interno, la detenzione e la moltiplicazione interna all'UE, salvo autorizzazioni specifiche quali quelle per motivi scientifici e di ricerca. Tra i patogeni da quarantena per l'UE già presenti sebbene con limitata distribuzione, ma annoverato tra gli organismi nocivi prioritari, vi è la tristemente ben nota *Xylella fastidiosa*. Invece tra quelli ancora non presenti, o eradicati, merita ricordare le varie specie di *Candidatus Liberibacter* e *Ralstonia solanacearum*, anch'essi nella lista dei prioritari e che, insieme a fitopatogeni quale *Curtobacterium flaccumfaciens* pv. *flaccumfaciens*, agente dell'avvizzimento batterico del fagiolo e di altri legumi (fig. 1) (Tegli et al., 2002, 2020), minaccia seriamente la produzione di colture che sono tra le fonti primaria di approvvigionamento alimentare.

L'altro elemento comune che dovrebbe finalmente essere emerso in modo chiaro a seguito proprio dell'epidemiologia del Covid-19, nonché del suo impatto devastante, è l'intima e indissolubile connessione tra le diverse componenti del nostro pianeta che dovrebbe essere riassunto nel cosiddetto paradigma "One Health". Tale visione afferma che la salute di Uomo, animali e degli ecosistemi è correlata e dipendente, così da promuovere l'adozione e

applicazione di un approccio multidisciplinare e coordinato nell'affrontare emergenze, ma soprattutto i rischi potenziali per la salute di ciascuna delle tre componenti. In realtà, le piante non sono state mai incluse come tali e propriamente integrate nella visione "One Health", ma sono state sempre e solo considerate come parte dell'ambiente. Questo è sicuramente uno dei principali limiti, se non il più importante, dell'attuale interpretazione di tale concetto. Non solo sarebbe il caso di chiedersi come l'approccio "One Health" può contribuire nei fatti a prevenire le malattie delle piante, quando possibile, oppure a diminuirne quantomeno l'impatto quando viceversa la prevenzione non fosse sufficiente. E questa affermazione in parte risponde alla successiva, ma forse più importante, domanda da farsi, ovvero perché nella visione "One Health" sarebbe necessario includere in modo esplicito anche la cura della salute delle piante. Pensando solo alla relazione con la componente Uomo, le malattie delle piante possono incidere negativamente sulla sicurezza alimentare, come più volte anche qui riportato, non solo in termini quantitativi ma anche qualitativi: ad esempio la contaminazione delle derrate alimentari dalle micotossine prodotte da alcuni funghi fitopatogeni sono un problema mondiale e che ancora desta preoccupazioni e causa vittime. Inoltre, alcuni fitopatogeni possono essere virulenti anche sull'uomo e sugli animali, come pure alcune piante possono essere vettore o serbatoio di alcuni loro patogeni. Infine, agrofarmaci e antiparassitari sono stati indispensabili per aumentare le rese in ambito agroalimentare rispetto al passato, ma oggi siamo consapevoli dell'impatto negativo che trattamenti fitoiatrici tradizionali hanno sull'ambiente, sulla salute degli operatori e sull'uomo più in generale.

Se poi si viene a considerare la relazione della salute delle piante con la componente Ambiente, è chiaro come i cambiamenti globali in atto abbiano aumentato il rischio di introduzione, adattamento e diffusione di patogeni alieni e da quarantena, secondo varie modalità. In alcuni casi i cambiamenti climatici hanno determinato una variazione dell'areale di distribuzione dell'ospite e/o del patogeno e/o di un eventuale suo vettore, che ha favorito la successiva insorgenza di eventi epidemici. Più in generale l'aumento del rischio è correlabile all'accentuarsi degli squilibri tra gli ecosistemi naturali e quelli antropici (IPCC, 2021). A questo ha concorso sicuramente anche la globalizzazione dei commerci e l'aumento esponenziale dei movimenti veloci e a livello internazionale delle persone, per motivi di lavoro ma spesso anche solo per turismo. Alcuni di questi flussi di merci e persone non sono facilmente controllabili quali potenziali vettori di patogeni, che siano "souvenir vegetali" incautamente ma illegalmente rimasti nella valigia delle vacanze, oppure traffici non sempre autorizzati di materiali vegetali via "e-commerce".

È dunque necessario, in tale quadro globale, considerare che gli investimenti fatti per promuovere la salute delle piante sono investimenti in bio-sicurezza. Questi includono sia la realizzazione di quadro normativo chiaro, efficace e strutturato, che regola e gestisce organi e sistemi di sorveglianza e monitoraggio, avvalendosi di procedure e strumentazioni avanzate, sensibili e specifiche. Ma non solo.

In accordo con gli obiettivi dell'iniziativa FAO, la sensibilizzazione anche della gente comune sugli sconvolgimenti causati da un'eventuale epidemia in ambito vegetale, come del ruolo positivo che ogni individuo può giocare, è un elemento essenziale e di grande rilevanza. Esperienze già realizzate o in corso in Nuova Zelanda, Regno Unito e USA hanno dimostrato che il coinvolgimento diretto delle persone non addette ai lavori nella realizzazione di alcune tappe della prevenzione delle malattie delle piante è altro fattore chiave per la buona riuscita delle iniziative di sensibilizzazione su questo tema, in accordo a quella che è ormai definita come "citizen science" (Ebitu, 2021). Una sensibilità ad oggi poco sviluppata in Europa, certamente più in campo entomologico che in quello della Patologia vegetale. Ovviamente è un processo che necessita di essere guidato e indirizzato da organismi ufficiali regionali, nazionali e internazionali che di questo si occupano, incluso le Università e i centri di ricerca, ma che se correttamente gestito può essere una risorsa soprattutto nei confronti della tempestiva segnalazione di patogeni e parassiti alieni in questo mondo sempre più globalizzato.

Sono già disponibili strumenti, tecnologie e approcci tecnici funzionali alla difesa delle piante dalle malattie, passando dal macro (es. uso di droni e satelliti) al micro (es. applicazione dei diversi approcci molecolari). Le tecnologie "omiche", dalla genomica alla trascrittomica, dalla proteomica alla volatilomica fino alla metabolomica, così come tutti gli altri analoghi approcci "olistici", hanno permesso e stanno permettendo di conoscere molti e diversi aspetti finora ignoti sulla fisiopatologia vegetale e sui meccanismi di difesa delle piante. La possibilità di sequenziare *in situ* il genoma di un microrganismo patogeno con un sequenziatore portatile (Jain et al., 2013), come di applicare un test "PCR-based" che in 30 min lo identifica (Tegli et al., 2020), sono ormai realtà. Come lo sono altri approcci diagnostici non distruttivi basati su rilevamento di specifici segnali chimici o fisici correlati al patogeno e/o alla sua interazione con l'ospite, rispettivamente come i composti organici volatili ("Volatile Organic Compounds", VOCs) (Brilli et al., 2020) già usati anche nella diagnostica di SARS-CoV-2 nel respiro umano (Ruszkiewicz et al., 2020), oppure emissioni in fluorescenza e immagini iperspettrali (Rey et al., 2019).



Considerato il contesto nel quale questo intervento è stato originato, a questo punto sarebbe opportuno chiedersi che cosa manca ancora per ridurre quanto più possibile il rischio di epidemie in ambito vegetale. Fondamentalmente l'integrazione delle diverse componenti del sistema, in modo che innanzitutto sia chiaro e palese che è unicamente grazie ai risultati della ricerca scientifica che potranno essere sviluppati ulteriori e più efficaci sistemi diagnostici, che precedono l'esigenza della loro applicazione. Pertanto, può sembrare quantomeno ironico, e non decisamente riduttivo, parlare di "curiosity driven research" quando si indichi quella che un tempo era definita come ricerca di base, la quale ha fornito il materiale indispensabile per la successiva realizzazione delle trasformazioni realmente rivoluzionarie accadute negli ultimi decenni in molteplici aspetti della nostra vita. Sicuramente tali conoscenze debbono poi essere messe a sistema per il raggiungimento dell'obiettivo: ecco il ruolo ancora debole del trasferimento tecnologico da parte dell'impresa privata, ma anche della rapida applicazione delle innovazioni da parte degli Enti preposti al controllo fitosanitario. Ricerca, innovazione, trasferimento e prevenzione devono necessariamente essere le parole d'ordine, in un approccio globale e "One Health" dove la salute delle piante ha il riconoscimento del ruolo essenziale che ha nel mantenimento di equilibri ambientali, economici, sociali e finanche politici.

#### RINGRAZIAMENTI

Si ringraziano per il generoso supporto finanziario la Fondazione Cassa di Risparmio di Firenze (progetto SMART, ref. 2020.1629) e il Ministero Italiano della Difesa, Progetto SFINGE (ref. n° 2074/16.12.2019)

#### RIASSUNTO

La garanzia di una sufficiente disponibilità di cibo di qualità, nelle sue diverse declinazioni, nonché di materie prime d'origine vegetale, rappresenta sicuramente una delle maggiori sfide di questo secolo, per le conseguenze legate all'aumento della popolazione mondiale e ai cambiamenti globali in atto. Se la globalizzazione dei commerci e l'incremento degli spostamenti hanno fortemente favorito la diffusione di patogeni vegetali da quarantena, spesso trasmessi da materiale vegetale del tutto asintomatico, i cambiamenti climatici ne hanno accentuato l'insediamento e la diffusione, una volta entrati in Paesi dove prima erano assenti.

Per molti di questi fitopatogeni da quarantena sono ancora pochissime le informazioni disponibili sulla loro epidemiologia e sui meccanismi adottati nel corso dell'interazione



con piante ospiti e non ospiti. Generalmente ciò si accompagna alla mancanza di procedure efficaci per lo studio delle basi molecolari di tale dialogo.

Viceversa, in tale quadro di cambiamenti globali, la prevenzione di eventuali epidemie da fitopatogeni da quarantena dovrebbe essere sentita quale investimento irrinunciabile. Considerata la disponibilità in tecnologie avanzate, oggi l'impegno è in "conoscenza", coordinato tra diversi Paesi, focalizzato sull'obiettivo a diversi livelli, dalla ricerca di base fino alle sue applicazioni, che può permettere l'efficace contrasto ai patogeni, preceduto dall'acquisizione delle conoscenze necessarie per farvi fronte con successo.

#### ABSTRACT

*Global changes and quarantine plant pathogens: a successful prevention is just a matter of research, innovation, and technology transfer.* Food safety and food security, as well as of other raw materials of vegetable origin, represent for sure one of the greatest challenges of this century, due to the consequences related to the increase of world population as well as to the ongoing global changes.

If the globalization of trade and the increase of international touristic flows have strongly favoured the spread and the entry of quarantine plant pathogens, often transmitted by asymptomatic plant materials, the climatic change have often enhanced their settlement, once entered in Countries where they were absent before.

For many of these quarantine plant pathogens for the EU, very poor information is often available both on their epidemiology as well as on the mechanisms adopted during their interaction with host and non-host plants. Generally, the lack of effective procedures for studying the molecular dialogue is at the basis of this lack of knowledge. Conversely, in this context of global changes, the prevention of any epidemics from quarantine phytopathogens should be seen as a pivotal investment. Advanced technologies are now available, and thus the commitment is today towards "knowledge": coordinated efforts between different Countries, focused on the objective at different levels, from basic research to its applications, are needed to allow the eventual arrival of the pathogen to be preceded by the acquisition of the necessary knowledge for its prompt and successful control.

#### BIBLIOGRAFIA

- BRILLI F., LUCHI N., MICHELOZZI M., ET AL. (2020): *Volatile organic compounds (VOC) as biomarkers for detection of Ceratocystis platani*, «For. Path.», 50, p. 12618.
- EBITU L., AVERY H., MOURAD K. A., ENYETU J. (2021): *Citizen science for sustainable agriculture – A systematic literature review*, «Land Use Policy», 103, p. 105326.
- IPCC (2021): *Summary for Policymakers. In: Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [V. Masson-Delmotte, P. Zhai, A. Pirani, S.L. Connors, C. Péan, S. Berger, N. Caud, Y. Chen, L. Goldfarb, M.I. Gomis, M. Huang, K. Leitzell, E. Lonnoy, J.B.R. Matthews, T.K. Maycock, T. Waterfield, O. Yelekçi, R. Yu and B. Zhou (eds.)], Cambridge University Press, In Press.

- JAIN M., OLSEN H.E., PATEN B. ET AL. (2016): *The Oxford Nanopore MinION: delivery of nanopore sequencing to the genomics community*, «Genome Biol.», 17, p. 239.
- REY B., ALEIXOS N., CUBERO S., BLASCO J. (2019): *Xf-Rovim. A Field Robot to Detect Olive Trees Infected by Xylella Fastidiosa Using Proximal Sensing*, «Remote Sensing», 11, p. 221.
- RUSZKIEWICZ D.M., SANDERS D., O'BRIEN R., HEMPEL F., REED M. J., RIEPE A. C., BAILIE K., BRODRICK E., DARNLEY K., ELLERKMANN R., MUELLER O., SKARYSZ A., TRUSS M., WORTELMANN T., YORDANOV S., THOMAS C.L.P., SCHAAF B., EDDLESTON M. (2020): *Diagnosis of COVID-19 by analysis of breath with gas chromatography-ion mobility spectrometry - a feasibility study*, «EClinicalMedicine», 29, p. 100609.
- TEGLI S., BIANCALANI C., IGNATOV A.N., OSDAGHI E. (2020): *A Powerful LAMP Weapon against the Threat of the Quarantine Plant Pathogen Curtobacterium flaccumfaciens pv. Flaccumfaciens*, «Microorganisms», 8, p. 1705.
- TEGLI S., SERENI A., SURICO G. (2002): *PCR-based assay for the detection of Curtobacterium flaccumfaciens pv. flaccumfaciens in bean seeds*, «Lett Appl Microbiol.», 35, pp. 331-337.

ALBERTO ALMA<sup>1</sup>, ANDREA LUCCHI<sup>2</sup>

## Influenza del cambiamento climatico sugli insetti: nuove minacce per la viticoltura europea

<sup>1</sup> Dipartimento di Scienze Agrarie, Forestali e Alimentari, Università degli Studi di Torino

<sup>2</sup> Dipartimento di Scienze Agrarie, Alimentari e Agro-ambientali, Università di Pisa

### INTRODUZIONE

Fra i fattori abiotici che influiscono sulla fisiologia degli insetti, la temperatura è uno dei più importanti, dal momento che regola la diapausa, lo sviluppo embrionale e post-embrionale e altre importanti funzioni biologiche come il volo e l'alimentazione. Ne deriva che i cambiamenti climatici in atto, e in particolare l'aumento delle temperature, si ripercuotono sul ciclo biologico, con sfasamenti dei picchi di volo e di comparsa dei diversi stadi vitali (uova, forme giovanili e adulti). Questi aspetti risultano particolarmente importanti quando coinvolgono specie dannose alle colture, compresa la vite, dal momento che gli interventi fitosanitari devono tenere conto di eventuali sfasamenti temporali e che specie tipiche dei climi più caldi possono giungere a colonizzare areali che in passato erano loro preclusi per evidenti limiti termici. I cambiamenti nella distribuzione geografica possono invece essere intesi sia come colonizzazione di nuovi areali in seguito a introduzione e acclimatamento, sia come spostamenti in termini di gradienti di latitudine e altitudine. Se il primo aspetto non è necessariamente legato a un incremento delle temperature (le specie alloctone tendono a insediarsi in areali analoghi a quello di origine dal punto di vista climatico), il secondo è quello che esprime maggiormente la conseguenza del *global warming*. I principali fenomeni biologici sui quali la temperatura può influire maggiormente sono la fenologia (ovvero la durata del ciclo biologico suddiviso nei diversi stadi di uovo, larva, pupa e adulto negli olometaboli e di uovo, neanide, ninfa e adulto negli eterometaboli), il voltinismo (il numero di generazioni svolte in un anno) e la distribuzione geografica (Reineke e Thiéry, 2016). Peraltro, a volte è difficile distinguere tra effetti sulla fenologia e sul voltinismo, dato che il secondo, nelle specie

polivoltine, può essere considerato una conseguenza della prima. Un altro aspetto da tenere in considerazione, seppure non collegato direttamente al voltinismo né alla fenologia, è il fatto che temperature autunnali miti possono contribuire ad allungare la durata della vita degli stadi biologici non interessati da diapausa e svernamento.

Non ultimo, il cambiamento climatico ha un effetto non solo sugli insetti ma anche sulle piante ospiti. L'alterazione della sincronia tra un insetto fitofago e la sua pianta ospite (in questo caso, la vite) può presentare vantaggi e svantaggi per l'uno e per l'altra (Reineke e Thiéry, 2016).

Questo contributo ha lo scopo di mettere a fuoco alcune delle più importanti conseguenze che i cambiamenti climatici (in particolare l'aumento delle temperature) hanno avuto e hanno tuttora sui principali insetti ampelofagi presenti in Italia e quali possono essere le necessarie contromisure da adottare.

#### «SCAPHOIDEUS TITANUS»

La Flavescenza dorata (FD) è una grave ampelopatia causata da un fitoplasma, un procariota privo di parete cellulare, patogeno obbligato e infeudato al floema. I fitoplasmi vengono trasmessi alle piante ospiti principalmente da insetti vettori dotati di apparato boccale pungente-succhiante, quali cicaline e psille, che si nutrono nel floema. Il principale vettore della FD, *Scaphoideus titanus* Ball (Hemiptera: Cicadellidae), è stato introdotto in Europa negli anni '50 del secolo scorso e proviene dall'areale neartico, in particolare dalla zona dei Grandi Laghi (Chuche e Thiéry, 2014; Alma et al., 2019). Si tratta di una specie infeudata esclusivamente alla vite, americana ed europea. *S. titanus* è una specie monovoltina, ovvero svolge una sola generazione annua: di conseguenza, l'aumento delle temperature non può avere influenza sul voltinismo. Esistono tuttavia effetti evidenti sulla fenologia, con sfasamenti del ciclo biologico. Anzitutto, dato che lo svernamento avviene allo stadio di uovo, l'inizio dello sviluppo embrionale avviene dopo un determinato periodo di freddo: è stato dimostrato come la schiusa delle uova sia molto più scalare in caso di inverni miti, e molto più concentrata in caso di inverni rigidi (Chuche e Thiéry, 2009). Allo stesso tempo, sia lo sviluppo embrionale che quello post-embrionale sono influenzati dalla temperatura, e ogni stadio biologico presenta una data temperatura cardinale minima e massima oltre le quali lo sviluppo si arresta, così come una temperatura ottimale (Falzoi et al., 2014). Dal momento che la difesa insetticida è effettuata in funzione della presenza o meno di determinati stadi preimmaginali del vettore, in particolare le ninfe di III età, è evidente sia il fatto che una schiusa scalare è più problematica da

gestire, sia che fluttuazioni termiche nel periodo tardo-primaverile (dovute anche a microclimi locali) richiedono particolari accorgimenti organizzativi. Inoltre, in passato si riteneva che la durata della vita dello stadio adulto non superasse il mese (Vidano, 1964), mentre studi recenti (Bocca et al., 2020) hanno dimostrato come gli adulti possano vivere fino a tre mesi. Anche questo aspetto si ripercuote sulla gestione fitosanitaria, dal momento che la presenza di esemplari adulti in tarda stagione aumenta il rischio di trasmissione della FD anche a causa della difficoltà di effettuare trattamenti insetticidi che presentino tempi di carenza compatibili con la vendemmia (Alma et al., 2018).

Per quanto riguarda la distribuzione geografica, inizialmente *S. titanus* era ritenuto una specie stenoica, presente solo a cavallo del 45° parallelo (Francia meridionale e Italia settentrionale) (Vidano 1964), ma successivamente è stato ritrovato anche a latitudini più basse quali l'Italia meridionale, e più alte come in Ungheria (Chuche e Thiéry, 2014). L'effetto dell'incremento delle temperature sull'idoneità climatica di alcune zone viticole della Svizzera all'insediamento di *S. titanus* è stato oggetto di una ricerca, che però ha fornito risultati discordanti e non riproducibili in altre zone (Rigamonti et al., 2018).

#### «DAKTULOSPHARIA VITIFOLIAE»

Specie originaria del Nord America, è stata introdotta in Europa nel 1863, con barbatelle infestate, e in Italia nel 1879. Come è noto la fillossera danneggia le radici delle viti europee e le foglie delle viti americane. Dopo la brillante soluzione del problema con l'innesto delle viti europee su piede americano, nell'ultimo ventennio la fillossera è tornata alla ribalta, per la preoccupante comparsa di galle sull'apparato fogliare di alcuni vitigni europei (Lucchi, 2017). Ad oggi non sono ancora state comprese le reali cause di un tale sorprendente fenomeno. Alcuni entomologi ipotizzano un progressivo adattamento da parte di un particolare biotipo di fillossera a dar luogo a generazioni di gallecole sull'apparato fogliare di viti europee innestate. Altri pensano a una maggiore sensibilità delle viti europee innestate nei confronti dell'insetto, in seguito alle ripetute soluzioni attuate a scopi di affinità di innesto e di produzione con i portinnesti più comuni.

Studi svolti attraverso l'utilizzo di modelli climatici hanno suggerito che, con l'aumento delle temperature medie, la gamma di habitat potenzialmente idonei alla fillossera saranno in futuro di gran lunga superiori rispetto all'attuale distribuzione nelle attuali condizioni climatiche (Ji et al., 2021), con un impatto sostanziale sul controllo dell'afide in Asia, in Nord America e in Europa.

Le osservazioni condotte negli ultimi anni portano a pensare che le condizioni atmosferiche, in particolare le temperature che si verificano in corrispondenza delle fasi del ciclo biologico che la fillossera svolge al di fuori del terreno, abbiano un'influenza determinante non solo sulla distribuzione ma anche sulla dannosità della specie.

#### «PLANOCOCCUS» spp

Le cocciniglie farinose appartenenti al genere *Planococcus* (Hemiptera: Pseudococcidae), peraltro ampiamente polifaghe, recano danno alla vite a causa della sottrazione di linfa e dell'emissione di melata con conseguente sviluppo di funghi epifiti agenti di fumaggine che ostacolano la fotosintesi. Inoltre, alcune specie possono trasmettere i virus dell'accartocciamento fogliare e del complesso del legno riccio (Bertin et al., 2010). Questi emitteri prediligono ambienti caldi e umidi, con vegetazione rigogliosa: si ritiene quindi che un aumento delle temperature possa favorirne la pullulazione. Trattandosi di specie polivoltine, una delle conseguenze più immediate è un potenziale aumento del numero di generazioni annue. Una seconda conseguenza è invece l'espansione a nord dell'areale di distribuzione. Infine, è interessante notare come l'incremento degli pseudococcidi possa essere causato dall'effetto negativo che le temperature elevate hanno sui limitatori naturali, sia predatori quali *Cryptolaemus montrouzierii* Mulsant (Coleoptera: Coccinellidae) sia parassitoidi quali *Anagyrus pseudococci* (Girault) (oggi *A. vladimiri*) e *Leptomasoidea abnormis* (Girault) (Hymenoptera: Encyrtidae) (Reineke e Thiéry, 2016).

#### «LOBESIA BOTRANA» ED «EUPOECILIA AMBIGUELLA»

Le tignole dell'uva *Lobesia botrana* Denis & Schiffermuller ed *Eupoecilia ambiguella* (Hübner) (Lepidoptera: Tortricidae) sono i lepidotteri ampelofagi di maggiore importanza economica. Sono infeudate esclusivamente alle infiorescenze e successivamente ai grappoli, non andando a interessare in alcun modo la chioma della vite. In funzione della fenologia della pianta ospite, si distinguono quindi generazioni antofaghe e carpofaghe. Oltre alle alterazioni dirette dovute all'attività trofica, le larve favoriscono anche l'azione di patogeni fungini quali *Botrytis cinerea*, marciume acido nonché alcuni marciumi secondari del grappolo. Pur mostrando una biologia molto simile, le due specie occupano areali diversi in funzione del clima. Mentre *E. ambiguella* è più criofila e crea problemi soprattutto in Europa Centrale, *L. botrana* è

decisamente più termofila ed è ampiamente diffusa nel bacino del Mediterraneo. Ciò nonostante, si ritiene che nei prossimi anni l'aumento graduale delle temperature possa portare a uno spostamento a nord del suo areale di distribuzione (Gutierrez et al., 2018).

Entrambe sono polivoltine e svernano allo stadio di pupa in diapausa, nelle anfrattuosità della corteccia della vite. L'influenza della temperatura sulla fenologia di questi insetti è stata ed è tuttora oggetto di ampi studi riguardanti l'implementazione di modelli previsionali. Risulta quindi evidente che l'incremento delle temperature possa influire sia sul voltinismo che sulla fenologia. Per quanto riguarda il voltinismo, temperature estive elevate possono favorire l'aumento del numero di generazioni, con presenza significativa di *L. botrana* nel periodo tardo-estivo e in autunno. Tale aspetto diviene problematico soprattutto sui vitigni a vendemmia tardiva, che possono quindi essere interessati maggiormente dall'attività trofica delle larve. Per quanto riguarda la fenologia, nel trentennio 1983-2013 è stato dimostrato come la prima comparsa stagionale degli adulti, che di solito avviene nel mese di aprile, è avvenuta con 13 e 11 giorni di anticipo rispettivamente per *L. botrana* ed *E. ambiguella* (Reineke e Thiéry, 2016). Tali sfasamenti del ciclo biologico si possono ripercuotere sulle alterazioni a carico dell'uva.

Per quanto riguarda l'areale di distribuzione, *L. botrana* si è acclimatata perfettamente in California, in Argentina e in Cile (Gutierrez et al., 2012). A livello globale, si ritiene che entro il 2055 questa specie potrà espandere il suo areale a nord di circa 11° di latitudine (Reineke e Thiéry, 2016).

#### «CRYPTOBLABES GNIDIELLA»

La tignola rigata della vite *Cryptoblabes gnidiella* (Millière) (Lepidoptera: Pyralidae) è un lepidottero ampelofago presente in numerosi Paesi, tra cui l'Italia, dove la sua importanza economica è aumentata notevolmente negli ultimi 10 anni. Pur trattandosi di una specie ampiamente polifaga in grado di alimentarsi su circa 80 specie vegetali tra erbacee, arbustive e arboree (Yehuda et al., 1991), nel bacino del Mediterraneo questa si sta rivelando particolarmente temibile, soprattutto nei vigneti delle aree litoranee (Lucchi et al., 2019).

In questo contesto, il primo volo dell'anno, generalmente caratterizzato da catture contenute nelle trappole a feromone, inizia a fine aprile-inizio maggio. Queste catture derivano, per la maggior parte, da individui che hanno svernato all'interno di grappoli rimasti in campo dopo la vendemmia, a cui non corrisponde tuttavia una presenza di uova e/o larve sulle infiorescenze, contrariamente a quanto accade per *L. botrana* ed *E. ambiguella*. L'attività trofica di

questo piralide si svolge per lo più a carico delle parti verdi del grappolo (rachide, cercini, pedicelli) a partire dalla fase fenologica di prechiusura grappolo e diviene più evidente a partire dalla fase di invaiatura. Il danno si manifesta con un progressivo appassimento degli acini a causa dell'interruzione, dovuta all'attività trofica delle larve, del normale flusso di linfa nei vasi superficiali che li alimentano. Nell'areale mediterraneo, in funzione dell'andamento climatico il lepidottero può compiere 3-4 generazioni annue per poi svernare allo stadio larvale. La capacità di questa specie di dar vita ad una quarta generazione in settembre-ottobre, si traduce in un serio problema soprattutto per quelle varietà a maturazione tardiva come Aglianico, Sangiovese e Montepulciano.

Basandosi sulle esigenze termiche di questa specie (Avidov e Gothilf, 1960; Ringenberg et al., 2005), alcuni studi hanno tentato di sviluppare un modello previsionale, considerando i gradi giorno (Vidart et al., 2013); tuttavia, ulteriori ricerche saranno necessarie per la realizzazione di un modello affidabile ed applicabile nei diversi contesti in cui la criptoblabbe è presente.

Nonostante l'areale di distribuzione comprenda prevalentemente vigneti situati lungo la fascia costiera, negli ultimi anni si sono verificati ritrovamenti di larve di questa specie in contesti vitivinicoli più interni come, ad esempio, in provincia di Lucca (Toscana) e in zone facenti parte del Parco Nazionale della Murgia (Minervino Murge - Puglia), ad una certa distanza dal mare. Come sta accadendo per altre specie di lepidotteri ampelofagi (Reineke e Thiéry, 2016), l'incremento delle temperature medie stagionali verificatosi nell'ultimo decennio sembrano aver avuto un ruolo importante sulle dinamiche di popolazione di questa specie trasformandola da fitofago di ridotta valenza economica ad uno dei più temuti lepidotteri che popolano i vigneti litoranei di Italia e Francia.

## CONCLUSIONI

L'influenza dei cambiamenti climatici, e in particolare le variazioni in termini di temperatura, stanno avendo e avranno in futuro un notevole impatto sulla vite e sugli insetti ampelofagi e di conseguenza sulla viticoltura (Reineke e Thiéry, 2016; Heeb et al., 2019). Per quanto riguarda la stagionalità, i cambiamenti nella fenologia, nel voltinismo e nella sopravvivenza di determinati stadi vitali implicano adattamenti nell'approccio al problema, in particolare riguardo alla gestione fitosanitaria, che possono essere calibrati di anno in anno con semplici monitoraggi. L'irruzione di un fitofago in un nuovo areale, sia esso dovuto all'introduzione accidentale in una zona analoga dal punto di vista climatico e distante solo geograficamente, sia alla colonizzazione naturale



di zone divenute adatte in seguito a modificazioni di fattori climatici, pone invece la viticoltura di fronte a problemi totalmente nuovi, che richiedono una risposta rapida. In ogni caso, un valido aiuto può giungere dallo sviluppo e dall'applicazione di modelli matematici di simulazione, siano essi fenologici, demografici o di distribuzione geografica. Tali strumenti consentono infatti di giocare d'anticipo e di non farsi trovare impreparati nel momento in cui si presentasse la necessità di gestire nuove emergenze fitosanitarie.

#### RIASSUNTO

È noto che tra i fattori abiotici che maggiormente influiscono sulla fisiologia degli insetti (artropodi pecilotermi di piccole dimensioni), la temperatura è uno dei più importanti, dal momento che regola la diapausa, lo sviluppo embrionale e post-embryonale e altre importanti funzioni biologiche, come l'alimentazione e il volo. Ne deriva che i cambiamenti climatici in atto, e in particolare l'aumento delle temperature medie, si ripercuotono sulla distribuzione geografica delle specie indigene ed esotiche in grado di ampliare e colonizzare nuovi areali, sul voltinismo, sul ciclo biologico, con sfasamenti dei picchi di volo, deposizione delle uova e di comparsa degli stadi giovanili e dell'adulto. Tali cambiamenti climatici influenzano anche le specie vegetali, come ad esempio la vite. In Europa, in particolare, gli effetti si evidenziano con l'ampliamento del limite di coltivazione verso le regioni più a nord e con un impatto sulla fenologia, la produzione e la qualità. Tra gli insetti della vite, i casi-studio basati su osservazioni di lungo periodo e modelli previsionali riguardano in particolare il cicadellide *Scaphoideus titanus*, la fillossera della vite *Daktulospharia vitifoliae*, le cocciniglie del genere *Planococcus*, noti vettori di virus, e i lepidotteri *Lobesia botrana*, *Eupoecilia ambiguella* e *Cryptoblabes gnidiella*. L'influenza del cambiamento climatico è causa della costituzione di nuove cenosi che in molti casi richiedono una nuova organizzazione della gestione fitosanitaria con conseguente rimodulazione delle strategie di lotta.

#### ABSTRACT

*Influence of climate change on insects: new threats for European viticulture.* Among the abiotic factors that mostly affect the insect physiology (small-sized pecilothermic arthropods), the temperature is one of the most important, since it regulates diapause, embryonic and post-embryonic development as well as other important biological functions, like feeding and flying. It follows that the climatic changes in progress, and in particular the increase in the average temperatures, have an impact on the geographical distribution of indigenous and exotic species capable of expanding and colonizing new ranges, as well as on voltinism and life history, with phase shifting of the flight peaks, spawning and emergence of juvenile and adult stages. Such climate changes also affect many plant species as, for example, the grapevine. In Europe, the effects are highlighted with the

expansion of the cultivation limit towards the northernmost regions and a remarkable impact on phenology, production and quality. Among the insects that feed on grapevine, the existing literature is based on long-term observations and the predictive models concern the leafhopper *Scaphoideus titanus*, the vine phylloxera *Daktulospharia vitifoliae*, the mealybugs of the genus *Planococcus*, and the moths *Lobesia botrana*, *Eupoecilia ambiguella* and *Cryptoblabes gnidiella*. The influence of climate change causes the establishment of new coenoses, which in many cases require a new organization of the phytosanitary management with consequent refining of the control strategies.

#### BIBLIOGRAFIA

- ALMA A., LESSIO F., GONELLA E., PICCIAU L., MANDRIOLI M., TOTA F. (2018): *New insights in phytoplasma-vector interaction: acquisition and inoculation of flavescence dorée phytoplasma by Scaphoideus titanus adults in a short window of time*, «Annals of Applied Biology», 173 (1), pp. 55-62.
- ALMA A., LESSIO F., NICKEL H. (2019): *Insects as phytoplasma vectors: ecological and epidemiological aspects*, in *Phytoplasmas: Plant Pathogenic Bacteria 2*, Bertaccini A., Weintraub P.G., Rao G.P., Mori N., eds. Springer, Singapore, pp. 1-25.
- AVIDOZ Z. e GOTHILF S. (1960): *Observations on the honeydew moth (Cryptoblabes gnidiella Milliere) in Israel*, in *Biology, phenology and economic importance*, Ktavim, 10 (3-4).
- BERTIN S., CAVALIERI V., GRAZIANO C., BOSCO D. (2010): *Survey of mealybug (Hemiptera: Pseudococcidae) vectors of Ampelovirus and Vitivirus in vineyards of northwestern Italy*, «Phytoparasitica», 38 (4), pp. 401-409.
- BOCCA F.M., PICCIAU L., ALMA A. (2020): *New insights on Scaphoideus titanus biology and their implication for integrated pest management*, «Entomologia generalis», 40 (4), pp. 337-349.
- CHUCHE J. e THIERY D. (2009): *Cold winter temperatures condition the egg-hatching dynamics of a grape disease vector*, «Naturwissenschaften», 96, pp. 827-834.
- CHUCHE J. e THIERY D. (2014): *Biology and ecology of the Flavescence dorée vector Scaphoideus titanus: a review*, «Agronomy for Sustainable Development», 34, pp. 381-403.
- FALZOI S., LESSIO F., SPANNA F., ALMA A. (2014): *Influence of temperature on the embryonic and post-embryonic development of Scaphoideus titanus (Hemiptera: Cicadellidae), vector of grapevine Flavescence dorée*, «International Journal of Pest Management», 60, pp. 246-257.
- GUTIERREZ A.P., PONTI L., GILIOLI G., BAUMGARTNER J. (2018): *Climate warming effects on grape and grapevine moth (Lobesia botrana) in the Palearctic region*, «Agricultural and Forest Entomology», 20, pp. 255-271.
- GUTIERREZ A.P., PONTI L., COOPER M. L., GILIOLI G., BAUMGARTNER J., DUSO C. (2012): *Prospective analysis of the invasive potential of the European grapevine moth Lobesia botrana (Den. & Schiff.) in California*, «Agricultural and Forest Entomology», 14, pp. 225-238.
- HEEB L., JENNER E., COCK M.J.W. (2019): *Climate-smart pest management: building resilience of farms and landscapes to changing pest threats*, «Journal of Pest Science», 92, pp. 951-969.

- Ji W., GAO G., WEI J. (2021): *Potential Global Distribution of Daktulosphaira vitifoliae under Climate Change Based on MaxEnt*, «Insects», 12 (4), 347.
- LUCCHI A. (2017): *Note di entomologia viticola*, Pisa University Press, pp. 223.
- LUCCHI A., RICCIARDI, R., BENELLI G., BAGNOLI B. (2019): *What do we really know on the harmfulness of Cryptoblabes gnidiella (Millière) to grapevine?*, «Phytoparasitica», 47 (1), pp. 1-15.
- REINEKE A. e THIERY D. (2016): *Grapevine insect pests and their natural enemies in the age of global warming*, «Journal of Pest Science», 89, pp. 313-328.
- RIGAMONTI I.E., MARIANI L., COLA G., JERMINI M., BAUMGARTNER J. (2018): *Abrupt and gradual temperature changes influence on the climatic suitability of Northwestern Alpine grapevine-growing regions for the invasive grape leafhopper Scaphoideus titanus Ball (Hemiptera, Cicadellidae)*, «Acta Oecologica-International Journal of Ecology», 91, pp. 22-29.
- RINGENBERG R., BOTTON M., GARCIA M.S., NONDILLO A. (2005): *Compared biology in artificial diets and thermal requirements of Cryptoblabes gnidiella*, «Pesquisa Agropecuária Brasileira», 40 (11), pp. 1059-1065.
- VIDANO C. (1964): *Scoperta in Italia dello Scaphoideus littoralis Ball, cicalina americana collegata alla Flavescence dorée della vite*, «L'Italia Agricola», 10, pp. 1031-1049.
- VIDART M.V., MUJICA M.V., CALVO M.V., DUARTE F., BENTANCOURT C.M., FRANCO J., SCATONI I.B. (2013): *Relationship between male moths of Cryptoblabes gnidiella (Millière) (Lepidoptera: Pyralidae) caught in sex pheromone traps and cumulative degree-days in vineyards in southern Uruguay*, «SpringerPlus», 2 (1), pp. 1-8.
- YEHUDA S.B., WYSOKI M., ROSEN D. (1991): *Phenology of the honeydew moth, Cryptoblabes gnidiella (Millière) (Lepidoptera: Pyralidae), on avocado in Israel*, «Israel Journal of Entomology», 45, pp. 149-160.

ROSEMARIE TEDESCHI<sup>1</sup>, ELENA GONELLA<sup>1</sup>

## Rischi connessi all'introduzione di organismi esotici nelle associazioni vettore-fitopatogeno: il caso di *Candidatus Liberibacter* spp.

<sup>1</sup> Dipartimento di Scienze Agrarie, Forestali e Alimentari, Università degli Studi di Torino

Il bacino del Mediterraneo è caratterizzato da un'elevata vulnerabilità per quanto riguarda il rischio di introduzione di organismi dannosi per l'agricoltura a causa dell'elevata biodiversità presente in questi territori e dell'elevato numero di possibili punti di ingresso via terra, via mare e via aria. Il tutto è ulteriormente aggravato dai cambiamenti climatici. In particolare il progressivo incremento delle temperature medie e delle temperature minime invernali nonché il mutare dell'andamento delle precipitazioni non solo in termini di quantità di pioggia, ma anche in termini di variazione delle frequenze delle precipitazioni, sono tutti fattori che favoriscono l'instaurarsi di specie esotiche.

In tale contesto risulta particolarmente critica la situazione delle associazioni insetti vettori-fitopatogeni, perché possiamo trovarci di fronte a diversi possibili scenari. Nel caso dell'introduzione accidentale di un nuovo insetto vettore, questo potrebbe determinare l'arrivo e la diffusione di nuove malattie se l'insetto arriva già infetto da qualche patogeno. Anche nel caso l'insetto fosse sano, questo potrebbe fungere da nuovo vettore per agenti fitopatogeni già presenti in Europa. Parallelamente, l'introduzione di un nuovo patogeno, per esempio mediante materiale propagativo infetto, potrebbe portare all'instaurarsi di nuove associazioni con vettori già presenti. Da non dimenticare, infine, è la possibilità di introduzione di specie vegetali esotiche che possono diventare nuove piante ospiti sia per i patogeni che per i vettori. Tutte queste casistiche andrebbero a favorire la diffusione di nuove malattie dannose alle colture in nuovi areali e alla creazione di nuovi patosistemi.

Tra le varie associazioni tra vettori e fitopatogeni che al momento destano maggiori preoccupazioni, vi sono quelle che riguardano diverse specie appartenenti al genere '*Candidatus Liberibacter*' (Proteobacteria: Alphapro-

teobacteria). Si tratta di batteri Gram negativi generalmente non coltivabili, associati a numerose famiglie di piante spontanee e coltivate, nelle quali possono assumere un ruolo di endofiti oppure di patogeni. Nelle piante, questi batteri sono localizzati a livello del floema e sono quindi trasmessi da insetti floemomizi appartenenti alla superfamiglia Psylloidea (Hemiptera: Homoptera), con modalità persistente propagativa (Sarkar e Ghanim, 2020). Questo vuol dire che una volta che il patogeno viene acquisito dall'insetto durante la sua attività trofica su una pianta infetta, esso si moltiplica e diffonde all'interno del suo ospite che diventerà e rimarrà infettivo per tutto il suo ciclo vitale.

Particolarmente preoccupanti per l'intero bacino del Mediterraneo sono le specie associate agli agrumi '*Candidatus Liberibacter asiaticus*' (CLas), '*Ca. Liberibacter africanus*' (CLaf) e '*Ca. Liberibacter americanus*' (CLam), tutte agenti causali di Huanglongbing (HLB), una malattia tipica degli agrumi, che a oggi è considerata una delle più pericolose minacce per la produzione agrumicola a livello mondiale. Le tre specie sono state ritrovate rispettivamente in Asia, Africa e America, anche se attualmente CLas presenta una più ampia distribuzione, essendo presente anche in Africa e nel continente americano (EPPO, 2020). I sintomi più caratteristici della malattia sono a carico delle foglie che presentano una maculatura clorotica a chiazze o "blotchy mottle" sparsa sulla superficie fogliare con nervature ispessite, mentre la lamina è coriacea. I frutti sono deformi con dimensioni ridotte e presentano un'inversione di colore: la zona vicina al peduncolo diventa gialla-arancione, mentre l'estremità stilare rimane verde, all'opposto di quanto si osserva nel frutto sano. La produzione è decisamente ridotta a causa di una cascola precoce dei frutti che presentano un ridotto contenuto di acidi solubili e un basso rapporto tra grado zuccherino e acidità (EPPO, 2014; Catara et al., 2015; CABI, 2021).

Due psille sono riconosciute come vettori di questi patogeni, *Diaphorina citri* Kuayama (Hemiptera: Liviidae) per quanto riguarda CLas, CLam e, in condizioni di laboratorio, anche CLaf, e *Trioza erytreae* Del Guercio (Hemiptera: Triozidae) per quanto riguarda CLaf e, in condizioni controllate, anche CLas.

La diversa distribuzione geografica degli agenti eziologici di HLB è legata al *range* termico ottimale delle diverse specie che corrisponde anche alle esigenze dei rispettivi vettori, indice di un buon adattamento e coevoluzione tra insetto e patogeno (Bové et al., 2006). CLas e CLam sono tolleranti al calore, con un *range* termico ottimale per la sopravvivenza compreso tra i 24 e i 32°C; in particolare, nel caso di CLas è possibile notare la presenza dei sintomi di HLB anche a temperature superiori ai 32°C, con un limite di comparsa a 38°C, mentre CLam non sopravvive al di sopra dei 32°C (Loiseau et al., 2019; EPPO, 2021b). Analogamente il corrispettivo vettore *D. citri*,

predilige ambienti caldi e sopporta bene anche situazioni di aridità. CLaf è invece più sensibile al calore e i sintomi legati a questo patogeno non si manifestano nelle aree in cui le temperature raggiungono i 30°C per un periodo prolungato. Allo stesso modo, *T. erytraeae* è sensibile a temperature superiori ai 30°C e predilige ambienti più freschi e umidi. In alcune zone, come l'Africa centro-orientale, *D. citri* e *T. erytraeae* possono convivere in una stessa area, ma insediandosi a quote differenti: più basse per la psilla asiatica e sopra i 500-600 m s.l.m. per la psilla africana. Tuttavia, *D. citri* presenta una buona resistenza anche a temperature inferiori ai 30°C ed è un vettore più efficiente, per cui in alcuni casi è possibile che i due insetti attacchino contemporaneamente la stessa pianta ospite, con una conseguente infezione mista da parte di CLas e CLaf nel floema (Aubert, 2008).

Al momento nessuno dei tre patogeni agenti di HLB è stato segnalato in Europa, mentre è presente *T. erytraeae*, osservata per la prima volta nell'isola di Madeira nel 1994, in seguito nelle isole Canarie, mentre più recentemente è stata segnalata anche nelle zone nord occidentali della Spagna e del Portogallo (González-Hernández, 2003; Ruiz-Rivero et al., 2021). Da allora, *T. erytraeae* ha continuato a diffondersi attraverso le regioni della costa settentrionale della Spagna e le aree centrali e meridionali del Portogallo, raggiungendo anche i Paesi Baschi, a pochissimi chilometri dal confine francese (EPPO, 2020; Benhadi-Marin et al., 2020).

Considerata l'elevata minaccia rappresentata da questi organismi per le produzioni agrumicole dell'intero bacino del Mediterraneo, sono stati creati dei modelli previsionali basati anche sui mutamenti climatici in corso allo scopo di poter individuare le zone che possono e potranno essere favorevoli al loro instaurarsi e diffondersi. Questi strumenti sono di fondamentale importanza per poter definire le aree da sottoporre a costante monitoraggio, e per intervenire con strategie di contenimento efficaci e tempestive. Shimwela et al. (2016) hanno dimostrato come tutti i territori che si affacciano sul bacino del Mediterraneo presentino condizioni favorevoli per lo sviluppo di *D. citri* nel caso questa specie venisse accidentalmente introdotta; analogamente, per quanto riguarda la possibile ulteriore diffusione di *T. erytraeae*, secondo Benhadi-Marin et al. (2020) le zone a clima favorevole per questa specie sono più estese rispetto a quelle attualmente colonizzate dall'insetto, sia verso l'entroterra, sia sulle zone costiere settentrionali e meridionali della Spagna e del Portogallo. Uno dei fattori climatici cruciali che rendono un'area favorevole alla colonizzazione da parte di *T. erytraeae* è risultato essere rappresentato dalle precipitazioni registrate nel trimestre più freddo dell'anno, con una condizione ottimale tra 500 e 550 mm. Inoltre, considerando che il limone è la pianta ospite prediletta dalla psilla, la sua dispersione è favorita, indipendentemente

dalle zone a forte produzione agrumicola, dalla presenza di questa pianta molto comune anche in giardini privati e pubblici (Cocuzza et al., 2017).

Un'altra specie che preoccupa notevolmente le produzioni agricole europee è '*Ca. Liberibacter solanacearum*', diffuso in tutto il Centro-Nord America, in Europa, in Nuova Zelanda e in alcune zone dell'Africa e dell'Asia. È questo un batterio che presenta diversi aplotipi, ovvero varianti genetiche caratterizzate da differenze di singoli nucleotidi nella porzione del gene 16S rDNA (Barba et al., 2017; EPPO, 2021a), ma anche da una diversa distribuzione geografica, gamma di piante ospiti e vettori (Hajri et al., 2017). Gli aplotipi A e B sono presenti in America centro-settentrionale e in Nuova Zelanda, infettano piante appartenenti alla famiglia delle Solanaceae sia coltivate (patata, pomodoro, melanzana, peperone, tamarillo e alchechengi) che spontanee (Dahan et al., 2021). Essi sono associati alla grave malattia delle patate denominata Zebra Chip (numerosi piccoli tuberi deformi, imbrunimento del tessuto vascolare con macchie necrotiche e striature lungo i raggi midollari che si accentuano con la frittura) e altre fitopatie delle solanacee (Munyaneza et al., 2007; 2009a,b) e sono trasmessi dalla psilla della patata *Bactericera cockerelli* (Šulc) (Hemiptera: Triozidae). Esistono poi ancora altri due aplotipi (F e G) diffusi nelle Americhe e in Nuova Zelanda, sempre associati alle Solanacee di cui però non si conoscono i vettori.

Gli aplotipi C, D ed E sono invece presenti in Europa, dove sono associati a piante della famiglia Apiacee. Nello specifico gli ospiti finora riportati includono carota, finocchio, prezzemolo, cerfoglio, pastinaca, sedano e sedano rapa, oltre a diverse specie spontanee. I danni più gravi si osservano su carota, con formazione di fittoni di dimensioni ridotte e crescita di radici laterali che deprezzano ulteriormente il prodotto (Munyaneza et al.; 2010, Alfaro-Fernández et al., 2012a,b; 2017). L'aplotipo C è stato ritrovato nel Nord Europa ed è trasmesso dalla psilla della carota *Trioza apicalis* Förster (Hemiptera: Triozidae), mentre gli aplotipi D ed E sono presenti nei Paesi mediterranei (Hajri et al., 2017; Monger e Jeffries, 2017) e sono trasmessi da un'altra psilla della carota, *Bactericera trigonica* Hodkinson (Hemiptera: Triozidae). Infine, sempre associato alle Apiacee vi è l'aplotipo H di cui non si conosce il vettore, mentre un nuovo aplotipo U è stato segnalato su ortica e si presume possa essere trasmesso da *Trioza urticae* (L.) (Homoptera: Triozidae) (Haapalainen et al., 2018; 2020).

Nell'ambito delle associazioni CLso – piante – vettori, in Europa si teme molto l'introduzione della psilla *B. cockerelli*, vettore degli aplotipi A e B a causa dell'elevata polifagia che caratterizza la specie e della sua buona resistenza al freddo, nonostante prediliga temperature piuttosto alte, comprese tra i 27 e i 32°C (EPPO, 2021a). Anche per essa sono stati creati dei modelli



per individuare le aree favorevoli al suo insediamento nel caso di una sua introduzione in Europa, e di fatto l'intero Bacino del Mediterraneo e buona parte degli Stati europei risultano particolarmente idonei (Wan et al., 2020). Ovviamente questo rappresenta una grande preoccupazione per l'intero comparto della produzione di patate.

In questo contesto, però potrebbero aprirsi nuovi e svariati scenari, soprattutto nel caso di introduzione accidentale di nuovi organismi. Il rischio legato alla possibilità di trasmissione crociata di CLso da parte di *B. trigonica* dalle Apiacee alla patata è stato valutato essere molto basso (Antolinez et al., 2017). È stato infatti dimostrato, mediante saggi con elettro penetragrafo (EPG), che le piante di patata non rappresentano un'ospite gradito a questa psilla, tanto che, nell'arco di 8 ore, *B. trigonica* non è stata in grado di raggiungere i tessuti floematici e non è stata registrata alcuna attività di salivazione nel floema né di ingestione della linfa elaborata. Al contempo è stata dimostrata una bassissima percentuale di trasmissione (1%) in caso di permanenza obbligata su pianta di patata per tempi più lunghi. Quindi, nonostante si verifichi spesso una vicinanza fisica tra le coltivazioni di sedano, carota e patata, la trasmissione primaria di CLso mediata da *B. trigonica* sarebbe molto improbabile; inoltre anche la dispersione secondaria da patata infetta ad altre patate sane è probabilmente molto bassa.

Analogamente, sembrerebbe non esserci rischio di trasmissione crociata da carota a patata degli aplotipi di CLso presenti in Europa da parte di *B. cockerelli* nel caso in cui quest'ultima venisse accidentalmente introdotta nel nostro continente. Anche in questo caso studi mediante EPG hanno messo in evidenza come *B. cockerelli* faccia difficoltà a raggiungere il floema delle piante di carota, attuando piuttosto un'attività trofica a carico dello xilema (Munyanza et al., 2016).

In una realtà così complessa, non possono essere esclusi altri possibili scenari. Nel caso infatti di introduzione degli aplotipi A, B, F o G, tipici delle solanacee, non possiamo prevedere quali possano essere le interazioni con le psille della carota *T. apicalis* e *B. trigonica* presenti in Europa; non possiamo infatti escludere la nascita di nuovi patosistemi che potrebbero coinvolgere anche piante spontanee. Analogamente rimane ancora da chiarire l'attività vettrice e le interazioni con i diversi aplotipi e piante ospiti di altre specie di psille che sono risultate in qualche modo positive a CLso, come *Bactericera tremblayi* Wagner, *Bactericera nigricornis* Förster o *T. urticae* (Antolinez et al., 2017; Ben Othmen et al., 2018; Haapalainen et al., 2018).

In conclusione, è evidente che i rischi connessi all'introduzione di organismi esotici facenti parte delle interazioni pianta – '*Ca. Liberibacter* sp.' – vettore sono tanti e molto preoccupanti per le produzioni agrarie. Una conoscen-



za accurata della bioetologia dei patogeni e dei loro vettori è fondamentale per meglio definire i possibili nuovi scenari epidemiologici, ma nuovi modelli previsionali sulla potenziale diffusione delle avversità che tengano conto di diversi fattori tra cui anche i cambiamenti climatici in corso, rappresentano un utile strumento per l'analisi del rischio fitosanitario e sono cruciali per la definizione e l'adozione di misure di gestione tempestive ed efficaci.

#### RIASSUNTO

Il bacino del Mediterraneo è considerato molto vulnerabile all'introduzione di organismi esotici a causa dei cambiamenti climatici, dell'elevata biodiversità e del gran numero di punti di ingresso via terra, mare e aria. I fattori climatici che favoriscono tali eventi sono per lo più legati all'incremento delle temperature medie, alle maggiori temperature minime invernali e ai cambiamenti nella distribuzione delle precipitazioni. Essi possono influenzare le dinamiche di trasmissione, la diffusione geografica e la progressione epidemica di malattie trasmesse da insetti vettori a causa di effetti diretti sull'agente patogeno, sul vettore e sulle piante ospiti coltivate o spontanee, nonché sulle loro complesse interazioni. Tra tutte, particolarmente preoccupanti per numerose colture sono le associazioni tra vettori psilloidei e *Candidatus Liberibacter* spp. Per gli agrumi, modelli previsionali sulla distribuzione dei vettori di agenti di Huanglongbing e basati su parametri climatici hanno evidenziato che diverse aree agrumicole europee sono idonee all'insediamento di *Diaphorina citri* e alla diffusione di *Trioza erytreae*. Analogamente, per le solanacee, *Bactericera cockerelli*, il vettore di '*Ca. L. solanacearum*', potrebbe stabilirsi e svernare all'aperto nell'Europa meridionale, occidentale e centrale. Infine, non si devono trascurare i rischi connessi a nuove associazioni tra diverse specie o aplotipi di *Ca. Liberibacter*, vettori endemici o invasivi e le relative piante ospiti.

#### ABSTRACT

The Mediterranean basin is seen as a particularly vulnerable area for invasion by new pests and diseases due to its climate change, high biodiversity and large number of points of entry by land, sea and air. Climate factors that promote pest and disease invasions are mostly temperature related and include increasing average temperature, warmer winter minimum temperature and changes in precipitation patterns. These factors can affect the transmission dynamics, geographic spread and re-emergence of vector-borne diseases through multiple pathways, including direct effects on the pathogen, the vector, and cultivated or wild host plants as well as on their complex interactions. Among all, the associations between psyllid vectors and *Candidatus Liberibacter* spp. represent a major concern for numerous crops. For *Citrus* spp. production, weather driven modelling approaches to predict the potential distribution of Huanglongbing agents based on the distribution of the insect vectors highlighted that several European citrus growing areas are suitable for the establishment of *Diaphorina citri* and the spreading of *Trioza erytreae*.

Similarly, for solanaceous crops *Bactericera cockerelli*, the vector of 'Ca. L. solanacearum', would be able to establish and overwinter outdoors in southern, western and central Europe. Finally, risks connected with new associations among different *Ca. Liberibacter* species or haplotypes, endemic or invasive vectors, and their host plants should not be excluded.

## BIBLIOGRAFIA

- ALFARO-FERNÁNDEZ A., HERNÁNDEZ-LLOPIS D., FONT M.I. (2017): *Haplotypes of 'Candidatus Liberibacter solanacearum' identified in Umbeliferous crops in Spain*, «European Journal of Plant Pathology», 149, pp. 127-131.
- ALFARO-FERNÁNDEZ A., SIVERIO F., CEBRIÁN M.C., VILLAESCUSA F.J., FONT M.I. (2012a): 'Candidatus *Liberibacter solanacearum*' associated with *Bactericera trigonica*-affected carrots in the Canary Islands, «Plant Disease», 96, 581.
- ALFARO-FERNÁNDEZ A., CEBRIÁN M.C., VILLAESCUSA F.J., HERMOSODE MENDOZA A., FERRÁNDIZ J.C., SANJUÁN S., FONT M.I. (2012b): *First report of 'Candidatus Liberibacter solanacearum' in carrots in mainland Spain*, «Plant Disease», 96, 582.
- AUBERT B. (2008): *Historical perspectives of HLB in Asia*, in *International Research Conference on Huanglongbing*, Proceedings of the Meeting, a cura di R.T. Gottwald e H.J. Graham, Orlando, Florida, pp. 16-24.
- ANTOLINEZ C.A., FERERES A., MORENO A. (2017): *Risk assessment of 'Candidatus Liberibacter solanacearum' transmission by the psyllids Bactericera trigonica and B. tremblayi from Apiaceae crops to potato*, «Scientific Reports», 7, 45534.
- BARBA M., BELISARIO A., FAGGIOLI F., FERRETTI L., GENTILI A., HAEGI A., ILARDI V., LORETI S., PUCCI N., RICCIONI L., SCALA V., VITALE S. (2017): *Protocolli di diagnosi di riferimento*, Protocolli diagnostici "ASPROPI". CREA – DC Consiglio per la Ricerca in Agricoltura e l'Analisi dell'Economia Agraria, pp. 1- 279.
- BEN OTHMEN S., ABBES K., EL IMEM M., OUVREARD D., RAPISARDA C., CHERMITI B. (2018): *Bactericera trigonica and B. nigricornis (Hemiptera: Psylloidea) in Tunisia as potential vectors of 'Candidatus Liberibacter solanacearum' on Apiaceae*, «Oriental Insects», pp. 1-13.
- BENHADI-MARÍN J., FERERES A., PEREIRA J.A. (2020): *A Model to Predict the Expansion of Trioza erytreae throughout the Iberian Peninsula Using a Pest Risk Analysis Approach*, «Insects», 11 (9), p. 576.
- BOVÉ J.M. (2006): *Huanglongbing: a destructive, newly-emerging, century-old disease of citrus*, «Journal of Plant Pathology», 88 (1), pp. 7-37.
- CABI (2021): 'Candidatus *Liberibacter asiaticus*' (*Asian greening*) CABI, current year, in *Invasive Species Compendium*, Wallingford, UK: CAB International. [www.cabi.org/isc](http://www.cabi.org/isc).
- CATARA V., D'ANNA R., DAVINO S., BELLA P., LA ROSA R., FISICARO R., CONTI F. (2015): *HLB (huanglongbing), nuova minaccia per gli agrumi*, «L'informatore agrario», 2, 52.
- COCUZZA G.E.M., URBANEJA A., HERNÁNDEZ-SUÁREZ E., SIVERIO F., DI SILVESTRO S., TENA A., RAPISARDA C. (2017): *A review on Trioza erytreae (African citrus psyllid), now in mainland Europe, and its potential risk as vector of huanglongbing (HLB) in citrus*, «Journal of Pest Science», 90, pp. 1-17.
- DAHAN J., WENNINGER E.J., THORNTON M., REYES CORRAL C.A., OLSEN N., KARASEV A.V. (2021): *Haplotyping the Potato Psyllid (Hemiptera: Triozidae) and the Associated Pa-*

- thogenic Bacterium* 'Candidatus *Liberibacter solanacearum*' in *Non-crop Alternative Hosts in Southern Idaho*, «Environmental Entomology», 50 (2), pp. 382-389.
- EPPO (2014): 'Candidatus *Liberibacter africanus*', 'Candidatus *Liberibacter americanus*' and 'Candidatus *Liberibacter asiaticus*', «EPPO Bulletin», 44 (3), pp. 376-389.
- EPPO (2020): PM 9/27 (1) 'Candidatus *Liberibacter*' species that are causal agents of *Huanglongbing* disease of citrus and their vectors: procedures for official control, «EPPO Bulletin», 50, pp. 122-141.
- EPPO (2021a): *Bactericera cockerelli*, «EPPO datasheets on pests recommended for regulation», Disponibile online. <https://gd.eppo.int>
- EPPO (2021b): 'Candidatus *Liberibacter asiaticus*', «EPPO datasheets on pests recommended for regulation», Disponibile online. <https://gd.eppo.int>
- GONZALEZ-HERNANDEZ A (2003): *Trioza erytreae* (*Del Guercio 1918*): *nueva plaga de los cítricos en Canarias*, «Phytoma España», 153, pp. 112-117.
- HAAPALAINEN M., WANG J., LATVALA S., LEHTONEN M.T., PIIRHONEN M., NISSINEN, A.I. (2018): *Genetic variation of 'Candidatus Liberibacter solanacearum' haplotype C and characterization of a novel haplotype from Trioza urticae and stinging nettle*, «Phytopathology», 108 (8), pp. 925-934.
- HAAPALAINEN M., LATVALA S., WICKSTRÖM A., WANG J., PIIRHONEN M., NISSINEN A.I. (2020): *A novel haplotype of 'Candidatus Liberibacter solanacearum' found in Apiaceae and Polygonaceae family plants*, «European Journal of Plant Pathology», 156, pp. 413-423.
- HAJRI A., LOISEAU M., COUSSEAU-SUHARD P., RENAUDIN I., GENTIT P. (2017): *Genetic Characterization of "Candidatus Liberibacter solanacearum" Haplotypes Associated with Apiaceous Crops in France*, «Plant Disease», 101, pp. 1383-1390.
- LIEFTING L.W., PEREZ-EGUSQUIZA Z.C., CLOVER G.R.G., ANDERSON J.A.D. (2008): *A new 'Candidatus Liberibacter' species in Solanum tuberosum in New Zealand*, «Plant Disease», 92, 1474.
- LIEFTING L.W., SUTHERLAND P.W., WARD L.I., PAICE K.L., WEIR B.S., CLOVER G.R.G. (2009a). *A new 'Candidatus Liberibacter' species associated with diseases of solanaceous crops*, «Plant Disease», 93, pp. 208-214.
- LIEFTING L.W., WEIR B.S., PENNYCOOK S.R., CLOVER G.R.G. (2009b): 'Candidatus *Liberibacter solanacearum*', associated with plants in the family *Solanaceae*, «International Journal of Systematic Evolutionary Microbiology», 59, pp. 2274-2276.
- LOISEAU M., SCHRADER G., CAMILLERI M., DIAKAKI M., VOS S. (2019): *Pest survey card on Candidatus Liberibacter solanacearum*, «EFSA supporting publication 2019», 16 (6), EN-1632, 26 pp.
- MONGER W.A., JEFFRIES C.J. (2017): *A survey of 'Candidatus Liberibacter solanacearum' in historical seed from collections of carrot and related Apiaceae species*, «European Journal of Plant Pathology», 150, 3, pp. 803-815.
- MUNYANEZA J.E., CROSSLIN J.M., UPTON J.E. (2007): *Association of Bactericera cockerelli (Homoptera: Psyllidae) with "zebra chip", a new potato disease in southwestern United States and Mexico*, «Journal of Economic Entomology», 100, pp. 656-663.
- MUNYANEZA J.E., FISHER T.W., SENGODA V.G., GARCZYNSKI S.F., NISSINEN A., LEMMETTY A. (2010): *First Report of "Candidatus Liberibacter solanacearum" Associated with Psyllid-Affected Carrots in Europe*, «Plant Disease», 94 (5), 639.
- MUNYANEZA J.E., MUSTAFA T., FISHER T. W., SENGODA V.G., HORTON D. R. (2016): *Assessing the Likelihood of Transmission of Candidatus Liberibacter solanacearum to Carrot by Potato Psyllid, Bactericera cockerelli (Hemiptera: Trioizidae)*, «PLOS ONE», 11 (8).

- RUIZ-RIVERO O., GARCIA-LOR A., ROJAS-PANADERO B. FRANCO J.-C., KHAMIS F.M, KRUGER K., CIFUENTES D., TENA P.B.A., URBANEJA A. PÉREZ-HEDO M. (2021): *Insights into the origin of the invasive populations of Trioza erytreae in Europe using microsatellite markers and mtDNA barcoding approaches*, «Science Reports», 11, 18651.
- SARKAR P., GHANIM M. (2020): *Unravelling the pathogenesis and molecular interactions of Liberibacter phytopathogens with their psyllid vectors*, «Agronomy», 10, 1132.
- SHIMWELA M.M., NAROUËI-KHANDAN H.A., HALBERT S.E., KEREMANE M.L., MINSAVAGE G.V., TIMILSINA S., MASSAWÉ D.P., JONES J.B., VAN BRUGGEN A.H.C. (2016): *First occurrence of Diaphorina citri in East Africa, characterization of the Ca. Liberibacter species causing huanglongbing (HLB) in Tanzania, and potential further spread of D. citri and HLB in Africa and Europe*, «European Journal of Plant Pathology», 146, pp. 349-368.
- WAN J., WANG R., REN Y., MCKIRDY S. (2020): *Potential Distribution and the Risks of Bactericera cockerelli and Its Associated Plant Pathogen Candidatus Liberibacter Solanacearum for Global Potato Production*, «Insects», 11 (5), 298.

DONATO BOSCIA<sup>1</sup>, PIERFEDERICO LA NOTTE<sup>1</sup>, PASQUALE SALDARELLI<sup>1</sup>,  
MARI SAPONARI<sup>1</sup>

## *Xylella fastidiosa*: il contributo della ricerca scientifica nella gestione di una emergenza fitosanitaria di portata epocale

<sup>1</sup> CNR – Istituto per la Protezione Sostenibile delle Piante, sede secondaria di Bari

(Sintesi)

Il batterio *Xylella fastidiosa* originario delle Americhe, dove è stato confinato per lungo tempo, è stato considerato sin dalla sua prima scoperta in California tra i patogeni più temibili delle piante. È infatti agente di malattie molto distruttive di importanti colture agricole, in grado di infettare diverse centinaia di specie vegetali (EFSA 2020) e di sviluppare epidemie in diversi agro-ecosistemi. Regolamentato come patogeno da quarantena per l'Unione Europea (UE) e diversi Paesi della regione EPPO (European Plant Protection Organization), è attualmente inserito tra i 20 organismi da quarantena classificati al vertice delle priorità per gli Stati membri dell'UE, sulla base della gravità dell'impatto economico, sociale e ambientale. Il quadro fitosanitario mondiale è significativamente mutato nel 2013, allorquando le indagini diagnostiche finalizzate a comprendere l'eziologia di una malattia sconosciuta che minacciava la sopravvivenza degli olivi nel versante sud-occidentale della penisola Salentina, ne rivelarono la presenza, per la prima volta in Europa, in piante di olivo e oleandro con sintomi di disseccamento o di mandorlo con sintomi di bruscatura fogliare.

Il devastante impatto dell'epidemia pugliese del batterio, agente causale del disseccamento rapido dell'olivo che in pochi anni ha invaso quasi il 40% della Regione, ha sollecitato un massiccio impegno della comunità scientifica quale indispensabile supporto alle azioni intraprese dalle autorità fitosanitarie. Con questo contributo vengono descritte le più significative acquisizioni e lo stato dell'arte delle principali linee di ricerca messe in atto.

Per un ampio approfondimento dell'argomento si rimanda a:

SAPONARI M., LA NOTTE P., SALDARELLI P., BOSCIA D. (2021): *Il Contributo della ricerca italiana alla sfida fitosanitaria del III millennio: Xylella fastidiosa e la minaccia per l'olivicoltura mediterranea*, in *Olivo, olivicoltura, olio di oliva*

*guardando al futuro*, dedicato a Franco Scaramuzzi, a cura di Amedeo Alpi, Paolo Nanni, Massimo Vincenzini, Polistampa, Firenze, pp. 199-236.

*Xylella fastidiosa*: the contribution of scientific research in the management of an epochal phytosanitary emergency. *The bacterium Xylella fastidiosa native to the Americas, where it has been confined for a long time, was considered since its first discovery in California, among the most dangerous plant pathogens. Indeed It is the agent of destructive diseases of important agricultural crops, able to infect hundreds of plant species (EFSA 2020) and to develop epidemics in various agro-ecosystems. Regulated as a quarantine pathogen in the European Union (EU) and several countries of the EPPO (European Plant Protection Organization) region, it is currently included among the 20 quarantine organisms ranked at the top of priorities for EU member states, based on the severity of the economic, social and environmental impact. The phytosanitary scenario changed significantly in 2013, when diagnostic investigations aimed at understanding the etiology of an unknown disease that threatened the olive industry in the south-western coast of the Italian region of Apulia, revealed its presence. for the first time in Europe, in olive trees and oleanders showing symptoms of desiccation or in almond with symptoms of leaf scorching. The devastating impact of the bacterium causing the olive quick decline syndrome, which in a few years affected almost 40% of the Region, prompted a massive commitment of the scientific community to support the phytosanitary authorities in controlling the epidemic. This contribution describes the most significant acquisitions and the state of the art of the main research lines implemented.*

## Considerazioni conclusive

La difesa antiparassitaria delle colture rappresenta uno dei problemi più complessi che l'agricoltura si accinge oggi ad affrontare. Le molteplici istanze che interessano la produzione primaria, quali la riduzione della fame a livello mondiale, il costante incremento della popolazione globale, i cambiamenti climatici, l'aumento della diffusione di organismi nocivi esotici, la crescente sensibilità verso l'ambiente e la qualità dei cibi, impongono una ricerca urgente di soluzioni, dato il loro enorme impatto socio-economico. Ciò inevitabilmente può creare contrapposizioni nella visione delle strategie da adottare per la difesa delle piante. Pertanto, un'equilibrata armonizzazione delle corrette e più efficaci azioni da intraprendere richiede il contributo e l'impegno di tutte le parti coinvolte.

La riduzione dell'impiego dei mezzi chimici di difesa e la maggiore diffusione del metodo biologico, previsti dal PNRR, sono processi già avviati, dei quali però non si possono ignorare alcune criticità. La riduzione dei prodotti fitosanitari autorizzati può contribuire negativamente sull'efficacia degli interventi attuabili per la risoluzione di nuove emergenze. Fenomeni quali la continua introduzione di organismi dannosi da altri continenti a seguito dell'intensificarsi dei commerci e dei flussi turistici su scala globale, dei quali i cambiamenti climatici spesso favoriscono insediamento e diffusione, impongono di seguire in maniera rigorosamente scientifica l'evoluzione della situazione fitosanitaria nelle diverse aree di coltivazione delle piante ospiti interessate da tali emergenze. A tale proposito, molto noto è l'impatto devastante che l'epidemia del batterio *Xylella fastidiosa* ha avuto sulle varietà autoctone degli olivi in Puglia. Inoltre, nelle analisi del rischio dato da organismi esotici dannosi per le piante è necessario conoscere in dettaglio e considerare la loro biologia e epidemiologia: ad esempio, le associazioni fra *Candidatus Liberibacter*

e i loro vettori psilloidei sono attualmente oggetto di ricerche su numerose colture dell'Europa meridionale, per gli effetti favorevoli che i cambiamenti climatici possono avere sull'insediamento e la diffusione di entrambi.

Considerati i rischi estremamente elevati che conseguono alla ormai spesso inevitabile introduzione di organismi da quarantena, la strategia sulla quale si basa la nuova normativa fitosanitaria italiana si fonda sulla combinazione di sorveglianza, diagnostica, identificazione rapida, e prevede la realizzazione di due Laboratori Nazionali di Quarantena e dell'Istituto Nazionale di Riferimento per la protezione delle piante. Più in generale, un grande cambiamento è in atto a seguito del riordino del Servizio Fitosanitario Nazionale, che fa emergere la necessità di adeguate disponibilità di personale, con elevato livello di preparazione professionale. Nell'ambito del nuovo quadro normativo, nei prossimi anni le ricerche dovranno certamente approfondire molti degli aspetti evidenziati. L'aumento di conoscenze sugli aspetti scientifici di base dell'interazione tra organismi nocivi e piante contribuirà all'aggiornamento delle strategie di difesa di varie colture, nonché a sviluppare e individuare i mezzi di lotta più idonei e sostenibili, anche per affrontare le nuove emergenze fitosanitarie.

In conclusione, il recepimento delle raccomandazioni contenute nel PNRR per una strategia di difesa delle colture sostenibile ed efficace richiede un'analisi obiettiva e rigorosa delle situazioni di rischio e l'azione coordinata di tutte le forze coinvolte per l'ottenimento della migliore soluzione possibile.



# La genetica e le sfide future della zootecnia

9 settembre 2021

## Programma

9.30 - *Saluti istituzionali*

Coordina: Bruno Ronchi

9.45 - Relazioni

FILIPPO MIGLIOR

*Il miglioramento genetico nel contesto agro-zootecnico: problemi e prospettive*

GIUSEPPE CAMPANILE

*Il ruolo delle nuove tecnologie per la selezione di animali resistenti e resilienti:  
dalla zootecnia di precisione alla genomica*

NICOLA MACCIOTTA

*Quali obiettivi di selezione per fronteggiare i cambiamenti climatici*

LUCA FONTANESI

*Il contributo del miglioramento genetico alla sostenibilità delle produzioni zootecniche*

ANDREA SUMMER

*Qualità e valore nutrizionale delle produzioni zootecniche:  
dove e come può incidere il miglioramento genetico*

PAOLO AJMONE

*Potenzialità e possibile ruolo delle risorse genetiche:  
la rilettura della biodiversità, le basi genetiche della resilienza, il ruolo dell'epigenetica*

12.30 - *Conclusione dei lavori*

BRUNO RONCHI<sup>1</sup>

## La genetica e le sfide future della zootecnia. Introduzione

<sup>1</sup> Coordinatore Comitato Consultivo “Allevamenti e prodotti animali” Accademia dei Georgofili

Molti dei progressi realizzati in campo zootecnico nel corso del tempo sono il risultato di forze evolutive, sia naturali che antropiche, che hanno plasmato il genoma degli animali, per adattarli ai diversi ambienti e consentire la vita delle popolazioni umane. La disponibilità di biotecnologie riproduttive e le tecniche di selezione genomica hanno impresso una forte accelerazione ai progressi del miglioramento genetico negli ultimi decenni. Ulteriori contributi possono essere forniti dalla genetica, sia in campo vegetale, che animale, per sostenere le grandi sfide che la zootecnia dovrà affrontare negli anni futuri. Si tratta di sfide che riguardano un ulteriore miglioramento della capacità produttiva, ispirate a criteri di intensificazione sostenibile, per soddisfare le esigenze di una popolazione mondiale in forte espansione, così come quelle che sono indirizzate al miglioramento della qualità dei prodotti di origine animale, per renderli sempre più vicini alle esigenze del consumatore. Ma ancora più evidenti e complesse appaiono le sfide per rendere gli animali adattabili o resilienti a un ambiente che sta cambiando, agli scenari di cambiamenti climatici che stanno interessando e sempre più interesseranno molte aree del pianeta e condizioneranno direttamente e indirettamente la possibilità di fare agricoltura e allevamento. Particolare attenzione dovrà essere rivolta allo studio della biodiversità zootecnica, alla ricerca dei geni responsabili dell'adattamento dell'animale ai contrasti ambientali. Dalla ricerca genetica ci si aspettano anche contributi per migliorare, unitamente ad altri interventi sulle diverse componenti del sistema di produzione, trasformazione e commercializzazione, la sostenibilità ambientale degli alimenti di origine animale. Per il raggiungimento di tali obiettivi, che investono i pilastri sociali, economici e ambientali della sostenibilità, occorre stabilire un raccordo più stretto tra i diversi settori della ricerca e rafforzare la capacità di trasferimento tecnologico, puntando anche su una adeguata formazione professionale di tecnici e imprenditori.

FILIPPO MIGLIOR<sup>1</sup>, RICCARDO NEGRINI<sup>2</sup>, MARTINO CASSANDRO<sup>3</sup>

## Il miglioramento genetico nel contesto agro-zootecnico: problemi e prospettive

<sup>1</sup> Università di Guelph, Ontario, Canada

<sup>2</sup> Università di Piacenza

<sup>3</sup> Università di Padova

### INTRODUZIONE

Il dato oggettivo di una performance osservata di un animale, fenotipo, è dato dalla somma degli effetti del genotipo dell'animale, cioè dai geni che controllano l'espressione di quel carattere, e dell'ambiente, cioè quell'insieme di componenti che dipendono dal luogo e dal periodo in cui l'animale ha prodotto la sua performance (gestione dell'allevamento, clima, stagione, anno, età). La componente genetica è ereditaria e si trasmette di generazione in generazione; quella ambientale può invece cambiare nel momento stesso in cui cambia la gestione dell'allevamento, o il clima, o l'età e così via. Il miglioramento genetico è quindi il progresso in termini genetici di una performance di una data popolazione da una generazione all'altra. Sono vari i passi necessari per ottenere il miglioramento genetico in una popolazione animale:

- definizione dell'obiettivo di selezione;
- identificazione dei caratteri che vogliamo selezionare;
- raccolta dati dalla popolazione che vogliamo migliorare;
- accurato sistema di valutazioni genetiche/genomiche;
- indice di selezione che incorpora i caratteri valutati;
- efficiente schema di selezione;
- un sistema per disseminare la genetica migliore per gli utenti finali.

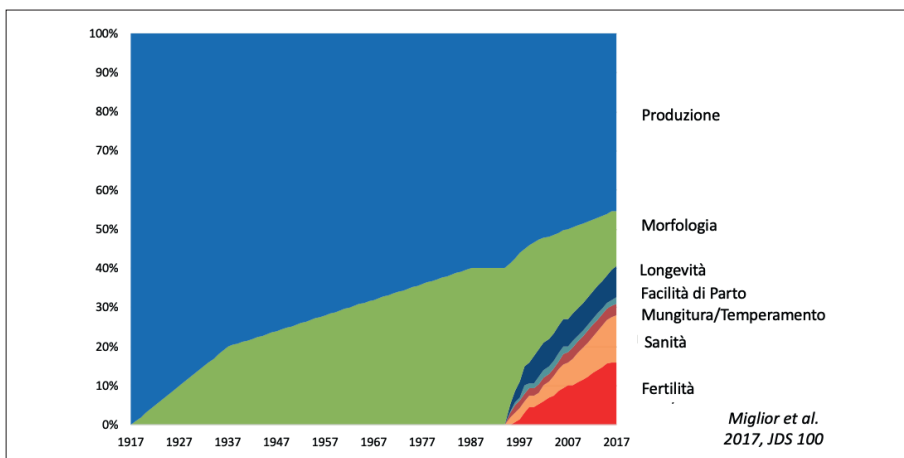
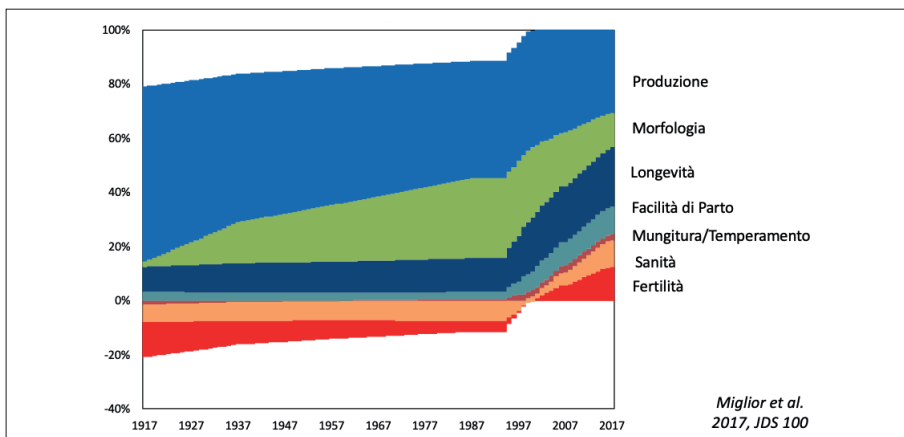
I programmi di miglioramento genetico sono stati applicati con diverso successo in tutte le principali specie zootecniche: bovino da latte, carne e duplice attitudine, bufalino, suino, avicolo e cunicolo, ovino e caprino, equino e asinino nonché in acquacoltura, in apicoltura e nei camelidi. In questa

relazione ci focalizzeremo sul bovino da latte sia a livello internazionale che nazionale.

#### OBIETTIVO DI SELEZIONE

Selezionare significa scegliere gli animali migliori di una popolazione, rispetto all'obiettivo prefissato, con i quali produrre la rimonta, ossia la futura generazione. Obiettivo della selezione è, nel mondo del settore produttivo zootecnico, massimizzare il reddito dell'allevatore. Prima di definire gli obiettivi di selezione è quindi importante analizzare il reddito netto dell'allevatore che sarà dovuto in parte dalla vendita del prodotto (aumento dei ricavi) e in parte dal risparmio che l'allevatore può realizzare allevando animali che, per morfologia, capacità riproduttive e resistenza alle malattie, garantiscano una lunga durata in stalla e minor tempo nelle attività professionali e lavorative del personale impiegato (diminuzione dei costi di produzione). Definire un corretto obiettivo di selezione è quindi un'operazione difficile, in quanto vi è la necessità di effettuare approfondite analisi economiche dei diversi aspetti del sistema di produzione. È necessario tenere in considerazione i differenti sistemi di pagamento del latte e quantificare i costi di produzione, senza dimenticare l'eventuale presenza di un regime di quota produttiva (oggi in Italia non più presente, eccetto specifiche realtà cooperative che hanno adottato quote di produzione per sostenere i prezzi del prodotto finale). Infine, bisogna tenere presente il lungo intervallo generazionale nel bovino da latte: dovuto al ciclo riproduttivo, le decisioni selettive non danno come risultato un immediato cambiamento nell'allevamento, bensì necessitano di anni di tempo per vedersi realizzate. Per esempio, una dose di seme di un toro scelto, seguendo gli obiettivi di selezione attuali, anche se darà seguito a una gravidanza, e quindi nella nascita della vitella, non darà alcun utile fino a quando la manza non inizierà la prima lattazione, a circa 24-28 mesi di età. La stessa manza, se sana, potrà stare in azienda per quattro o cinque anni. Le decisioni che oggi riguardano la selezione influenzeranno il reddito dell'allevatore solo fra tre-otto anni. È quindi evidente che nel definire un obiettivo di selezione bisogna cercare di prevedere la situazione economica futura e non basarsi esclusivamente su quella presente.

A livello mondiale, negli ultimi cento anni, la gamma di caratteri considerati per la selezione genetica nelle popolazioni di bovini da latte è progredita per soddisfare le esigenze sia dell'industria che della società (Miglior et al., 2005; Cassandro et al., 2013; Cassandro et al., 2016; Miglior et al., 2017; Heringstad et al., 2018; Cassandro, 2019; Fleming et al., 2019; Martin et al. 2019; Cassandro, 2020; Malchiodi et al., 2020; Brito et al., 2021). All'inizio

Fig. 1 *Obiettivi di selezione nel mondo negli ultimi 100 anni*Fig. 2 *Risposta alla selezione nel mondo negli ultimi 100 anni*

del XX secolo, i produttori di latte erano interessati ad aumentare la produzione di latte; tuttavia, non era disponibile una strategia sistematica per la selezione. La registrazione organizzata delle prestazioni del latte ha preso forma, seguita rapidamente dal punteggio di conformazione. I progressi metodologici sia nella teoria della selezione genetica che nella statistica intorno alla metà del secolo, insieme alle innovazioni tecnologiche nell'informatica, hanno aperto la strada a potenti analisi a caratteri multipli. Man mano che tecniche analitiche più sofisticate venivano sviluppate e incorporate nei programmi di selezione, la produzione iniziò ad aumentare rapidamente e i programmi di miglioramento genetico iniziarono ad avere un forte impatto (figg. 1 e 2).

Negli anni '20, la produzione di latte a 305 giorni di una vacca Holstein nordamericana media era di circa 2.000 kg. Un secolo dopo, la vacca Holstein media produce più di 10.000 kg di latte, con percentuali di grasso e proteine simili a quelle di 100 anni fa. Questo aumento di cinque volte, attribuibile a una migliore gestione, alimentazione e soprattutto selezione genetica, è una delle storie di maggior successo di miglioramento della produzione animale. Il drammatico aumento, tuttavia, ha avuto un costo in termini di fertilità e salute. Per contrastare questo declino, alla fine degli anni '90, il focus della selezione si è spostato dall'essere puramente orientato alla produzione verso un obiettivo di selezione più equilibrato. Questo cambiamento si è verificato in parte a causa dell'aumento dei problemi di salute e fertilità e in parte a causa della pressione sociale e delle preoccupazioni sul benessere animale. I caratteri che comprendono la longevità, la fertilità, il parto, la salute e la lavorabilità sono stati quindi integrati via via negli indici di selezione e trend negativi per fertilità e sanità sono stati invertiti e sono ora positivi.

L'obiettivo di selezione della Frisone italiana è molteplice: migliorare la qualità del latte, ossia il tenore in proteine e grasso adeguato al consumo fresco e adatto alla trasformazione casearia, aumentare la quantità di latte, intesa come chili di proteina, e migliorare la longevità funzionale e fertilità dell'animale. Nella Frisone italiana la produzione di latte è giunta oramai a quasi 10.000 kg di latte per lattazione in 305 giorni, con una percentuale di grasso pari al 3,80% e una percentuale di proteina pari al 3,35%. L'incremento dal 2001 ad oggi corrisponde per il latte a un +18,6%, per il grasso percentuale a un + 6,1% e alla proteina a un +3,4%. Gran parte di questo risultato è dovuto al miglioramento genetico, e in particolar modo alla genomica applicata nell'ultimo decennio (Cassandro, 2020b). Considerando la selezione svolta nella Frisone italiana nell'ultimo quinquennio (dal 2015 al 2019), Cassandro (2020b) ha stimato che il 66% dell'incremento medio annuo registrato nella produzione di latte, in 305 giorni, è dovuto al miglioramento genetico realizzato, mentre per i contenuti di grasso e proteina i contributi si attestano rispettivamente sul 35% e 46% (fig. 3). Pertanto, nella razza Frisone italiana, da un terzo a due terzi degli incrementi produttivi realizzati a livello fenotipico negli ultimi cinque anni sono da attribuire all'attività di selezione e miglioramento genetico.

#### AVVENTO DELLA GENOMICA

La selezione tradizionale è basata sull'applicazione di metodi statistici complessi per predire il valore genetico individuale, utilizzando informazioni da

Carattere	Trend medio annuo dal 2015-2019		Contributo della genetica sull'incremento medio fenotipico annuo
	Fenotipico	Genetico	
Latte, kg	+150	+98	66 %
Grasso, %	+0,029	+0,010	35 %
Proteina, %	+0,019	+0,009	46 %

*Elaborazioni dal servizio PGA, dati ufficiali ANAFU, 2020*

Carattere	Trend medio annuo dal 2011-2020		Contributo della genetica sull'incremento medio fenotipico annuo
	Fenotipico	Genetico	
Tasso di gravidanza (PR), %	+0,30	+0,036	12 %
Longevità totale, giorni di vita (dalla nascita alla eliminazione)	-0,39	+0,16	42 %
Longevità funzionale, kg di latte per giorno di vita (dalla nascita alla eliminazione)	+0,27	+0,18	64 %
Cellule somatiche, n/ml	-9.264	-2.594	28 %

*Elaborazioni su dati ufficiali ANAFU, 2020*

Fig. 3 *Storico progresso fenotipico e genetico nella frisona italiana (Cassandro, 2020)*

progenie, genitori e altri parenti e separando accuratamente gli effetti genetici da quelli ambientali. La loro applicazione ha avuto molto successo per il miglioramento di caratteri facilmente misurabili, e il successo di questo approccio è dovuto alla possibilità di raccogliere dati in migliaia di allevamenti in tutto il Paese. Questa strategia non è però applicabile a caratteri più difficili da misurare, come sanità, benessere, efficienza alimentare ed emissione di metano. L'avvento della genomica ha offerto un'eccezionale opportunità per il miglioramento genetico di questi caratteri costosi da misurare su larga scala. La selezione genomica è stata implementata a livello internazionale nel 2009 e ha avuto un enorme successo su tutta l'industria del latte. Il tasso di miglioramento genetico è più che raddoppiato, soprattutto grazie a un significativo accorciamento dell'intervallo di generazione e a una più alta accuratezza degli indici genetici (grazie a un'ampia popolazione di riferimento utilizzata per produzione, morfologia e fertilità, con oltre 40.000 tori della popolazione genomica di riferimento per la razza Holstein). Ciò è stato possibile per i caratteri tradizionali di produzione e morfologia. Per i nuovi caratteri è però necessaria una popolazione genomica di riferimento basata principalmente sulle vacche, che vengono fenotipizzate e genotipizzate. Per quanto riguarda i caratteri produttivi, il guadagno in accuratezza dell'indice pedigree tra un animale genotipizzato e uno non-genotipizzato è di 35 punti percentuali. Se si considera che una bovina matura in terza lattazione ha un'accuratezza del suo



indice genetico di circa 60 punti percentuali, inferiore a 73, che è l'accuratezza media di una vitella genotipizzata appena nata.

Riassumendo, ci sono molti vantaggi dall'uso della genomica:

- accurata assegnazione e verifica della parentela;
- maggior accuratezza della selezione dei giovani animali;
- intervallo generazionale ridotto (sia per le manze in allevamento che per torelli in FA);
- identificazione e gestione dei geni recessivi;
- possibilità di migliorare anche nuovi caratteri economicamente importanti come salute ed efficienza alimentare;
- progresso genetico ora anche nelle mani dell'allevatore.

#### CONSIDERAZIONI FINALI

L'applicazione della genomica nella selezione del bovino da latte, l'attenzione ai caratteri relativi alla funzionalità e alla longevità degli animali e piani di accoppiamento ottimizzati per azienda rendono oggi possibile migliorare il livello genetico della mandria con una velocità ed efficacia impensabile fino a pochi anni fa. Bisogna però anche considerare i potenziali rischi connessi al miglioramento genetico tra cui l'aumento incontrollato della consanguineità, alcune minacce che si prospettano nel prossimo futuro, legate ad esempio al cambiamento climatico, e una crescente attenzione dell'opinione pubblica a tutta la filiera zootecnica e in particolar modo al benessere degli animali e all'impatto ambientale delle produzioni.

L'intensa attività selettiva avvenuta negli ultimi anni ha portato a un incremento continuo e costante della consanguineità nella popolazione. L'intervallo generazionale abbreviato accelera la diffusione nella popolazione dei geni che nella maggior parte dei casi sono miglioratori, ma che in certi casi possono essere letali o deleteri (Baes et al., 2019).

Come detto, è sempre più pressante l'attenzione dell'opinione pubblica sull'impatto ambientale della zootecnia e sugli aspetti di benessere animale e adattabilità ai sistemi produttivi. È necessario quindi focalizzare il miglioramento genetico su nuovi caratteri che rispondono alle mutate esigenze, sociali, ambientali ed economiche. Nel settore zootecnico da latte, bisogna quindi lavorare sulla riduzione dell'impatto ambientale, introducendo caratteri come l'efficienza alimentare connessa alla riduzione delle emissioni di metano (Brito et al., 2020; Richardson et al., 2021) e sul miglioramento del benessere ani-

male potenziando la resistenza alle malattie, la resilienza agli stress biotici ed abiotici, e l'adattabilità a diversi ambienti produttivi.

Un programma di miglioramento genetico ha successo se:

- vi è una chiara definizione dell'obiettivo di selezione a livello nazionale;
- l'obiettivo di selezione è condivisione con tutti gli attori della filiera;
- vi è accuratezza nel rilevamento del dato e registrazione dell'animale e dei suoi ascendenti;
- viene applicata una corretta valutazione genetica/genomica e una corretta strategia selettiva, pratica e condivisa in un chiaro e definito schema di selezione.

In futuro, sensori in azienda, registratori di dati, tecnologie di misurazione di precisione e altri ausili tecnici forniranno ancora più dati da utilizzare nella selezione e la difficoltà non risiederà nella misurazione dei fenotipi, ma piuttosto nella scelta dei tratti per cui selezionare.

#### RIASSUNTO

Il progresso genetico si realizza migliorando, in maniera stabile, le prestazioni di una razza da una generazione alla successiva. Per ottenere il miglioramento genetico è necessario innanzitutto identificare uno o più caratteri d'interesse che costituiscono gli obiettivi della selezione, misurare sistematicamente questi caratteri in un numero adeguato di animali, e stimare – quanto più accuratamente possibile – il contributo della componente genetica sull'espressione del fenotipo, separandola dagli effetti ambientali. Una volta ottenuti gli indici genetici per i singoli caratteri, questi possono essere aggregati in un indice di selezione complessivo che tenga conto sia delle correlazioni genetiche sia del peso economico di ciascuno carattere. L'indice complessivo è da utilizzarsi poi per la scelta dei migliori soggetti da avviare alla riproduzione. Il passaggio finale è il trasferimento del progresso genetico agli allevamenti attraverso la diffusione dei riproduttori geneticamente superiori. Il miglioramento genetico classico, basato su modelli cosiddetti "quantitativi", ha rivoluzionato negli ultimi 50 anni la zootecnia, raddoppiando e in alcuni casi triplicando le performance produttive delle razze e specie animali selezionate. Il recente passaggio alla selezione genomica, oramai trasversale tutte le specie allevate, anche se con livelli di applicazione e diffusione differenti, ha accelerato il progresso genetico in maniera significativa. Nel futuro prossimo, le produzioni zootecniche saranno chiamate ad affrontare nuove e complesse sfide per adattare gli animali ai cambiamenti climatici, per migliorare il benessere e la salute delle mandrie, per mitigare l'impatto ambientale dei sistemi di allevamento, per conservare il patrimonio di biodiversità e infine per conquistare la fiducia del consumatore. Il superamento di queste sfide richiede necessariamente investimenti in ricerca scientifica, sempre più interdisciplinare, e nuove strategie di selezione accoppiate a una assistenza tecnica e formazione continua all'avanguardia, diffusa capillarmente negli allevamenti. Nella presente analisi, utilizzando il bovino da latte come caso studio, verranno identificati e brevemente descritti alcuni rischi e le principali opportunità offerte

dall'applicazione di schemi di selezione di nuova generazione, e verranno discussi i recenti sviluppi nella selezione genomica, nella epigenetica, nelle tecniche di editing del DNA ed infine, nei sistemi di intelligenza artificiale applicabili in zootecnia.

#### ABSTRACT

Genetic improvement relies on the genetic progress of a population performance from one generation to the next. Few steps are necessary to achieve genetic improvement: identification of a group of traits we want to improve (selection objective), animal data recording, accurate separation of environmental effects from the genetic contribution of a given performance (genetic evaluation), the inclusion of the estimated breeding values in one selection criterion that accounts for all correlations among the traits of interest and for the relative economic weights (selection index), and eventually the selection of the best breeders according to the selection index to obtain the next generation (selection scheme). Finally, genetic improvements should flow from proven genetically superior animals to improved production systems. Traditional quantitative genetic improvement programs have been highly successful across all species in the last 50 years, doubling or tripling production performances. The advent of genomic selection accelerated genetic progress in some species. New issues and opportunities are emerging for the near future that will impact the livestock sector and mainly dairy cattle worldwide. Climate change, environmental mitigation, animal adaptation and health, social acceptability and genetic diversity preservation are emerging topics in animal productions that impose new breeding strategies and new research with a holistic approach. We will briefly identify the principal risks and opportunities from the implementation of breeding programs, including the recent developments of genomic selection, genome editing, epigenomics, and artificial intelligence applied to livestock populations.

#### BIBLIOGRAFIA

- BAES, C.F., MAKANJUOLA B., MIGLIOR F., MARRAS G., HOWARD J.T., FLEMING A., AND MALTECCA C. (2019): *Symposium review: The genomic architecture of inbreeding: How homozygosity affects health and performance*, «J. Dairy Sci.», 102, pp. 2807-2817.
- BRITO L.F., OLIVEIRA H.R., HOULAHAN K., FONSECA P.A.S., LAM S., BUTTY A.M., SEYMOUR D.J., VARGAS G., CHUD T.C.S., SILVA F.F., BAES C.F., CÁNOVAS Á., MIGLIOR F., SCHENKEL F.S. (2020): INVITED REVIEW: *Genetic mechanisms underlying feed utilization and implementation of genomic selection for improved feed efficiency in dairy cattle*, «Can J Anim Sci», 100, pp. 587-60.
- BRITO L.F., BEDERE N., DOUHARD F., OLIVEIRA H., ARNAL M., PEÑAGARICANO F., SCHENKEL A., BAES C., MIGLIOR F. (2021): REVIEW: *Genetic selection of high-yielding dairy cattle towards sustainable farming systems in a rapidly-changing world*, «Animal» <https://doi.org/10.1016/j.animal.2021.100292>
- CASSANDRO M., MELE M., STEFANON B. (2013): *Genetic aspects of enteric methane emission in ruminants livestock*, «Ital. J. Anim. Sci.», 12, pp. 450-458.

- CASSANDRO M., PRETTO D., LOPEZ-VILLALOBOS N., DE MARCHI M. AND PENASA M. (2016): *Estimation of economic values for milk coagulation properties in Italian Holstein-Friesian cattle*, «J. Dairy Science», 99, pp. 6619-6626.
- CASSANDRO M. (2019): *Emerging topics in livestock breeding and production*, Book of Abstract, Aspa 23 rd Congress, Sorrento, June 11-14, 2019, ISO11:7-8.
- CASSANDRO M. (2020a): *Animal breeding and climate change, mitigation and adaptation*, «J. Anim. Breed. Genet.», 137, pp. 121-122. <https://doi.org/10.1111/jbg.12469>.
- CASSANDRO M. (2020b): *Miglioramento genetico – nuove vie per la qualità*, «Informatore zootecnico», n. 21, pp. 50-54.
- FLEMING A., BAES C.F., MARTIN A.A.A., CHUD T.C.S., MALCHIODI F., BRITO L.F. AND MIGLIOR F. (2019): Symposium review: *The choice and collection of new relevant phenotypes for fertility selection*, «J. Dairy Sci.», 102, pp. 3722-3734.
- HERINGSTAD B., EGGER-DANNER C., CHARFEDDINE N., PRYCE J.E., STOCK K.F., KOFLER J., SOGSTAD A.M., HOLZHAUER M., FIEDLER A., MÜLLER K., NIELSEN P., THOMAS G., GENGLER N., DE JONG G., ØDEGÅRD C., MALCHIODI F., MIGLIOR F., ALSAOD M. AND COLE J.B. (2018): Invited review: *Genetics and claw health: Opportunities to enhance claw health by genetic selection*, «J. Dairy Sci.», 101, pp. 4801-4821.
- MALCHIODI F., JAMROZIK J., CHRISTEN A.-M., FLEMING A., KISTEMAKER G.J., RICHARDSON C., DANIEL V., KELTON D. F., SCHENKEL F.S. AND MIGLIOR F. (2020): Symposium Review: *Multiple trait single-step genomic evaluation for hoof health*, «J Dairy Sci», 103, pp. 5346-5353.
- MARTIN P., BARKEMA H.W., BRITO L.F., NARAYANA S.G., MIGLIOR F. (2018): *Novel strategies to genetically improve mastitis resistance in dairy cattle*, «J. Dairy Sci.», 101, pp. 2724-27364.
- MIGLIOR F., MUIR B. AND VANDOORMAAL B.G. (2005): *Selection indexes in Holstein cattle of various countries*, «J. Dairy Science», 88, pp. 1255-1263.
- MIGLIOR F., FLEMING A., MALCHIODI F., BRITO L., MARTIN P., BAES C.F. (2017): *A 100-Year Review: Identification and genetic selection of economically important traits in dairy cattle*, «J. Dairy Sci», 100, pp. 10251-10271.
- RICHARDSON C.M., BAES C.F., AMER P.R., QUINTON C., HELY F., OSBORNE V.R., PRYCE J.E., HAILEMARIAM D. AND MIGLIOR F. (2021): *Investigating the environmental impact of current and future breeding programs through emission intensity*, «Animal», 15, 100005.

GIUSEPPE CAMPANILE<sup>1</sup>, STEFANIA CHESSA<sup>2</sup>, STEFANO BIFFANTI<sup>3</sup>,  
GIANLUCA NEGLIA<sup>1</sup>, ALESSIO CECCHINATO<sup>4</sup>

## Il ruolo delle nuove tecnologie per la selezione di animali resistenti e resilienti: dalla zootecnia di precisione alla genomica

<sup>1</sup> Dipartimento di Medicina Veterinaria e Produzioni Animali, Università degli Studi di Napoli «Federico II»

<sup>2</sup> Dipartimento di Scienze Veterinarie, Università di Torino

<sup>3</sup> Istituto di Biologia e Biotecnologia Agraria, Consiglio Nazionale delle Ricerche – Milano

<sup>4</sup> Dipartimento di Agronomia, Animali, Alimenti, Risorse naturali e Ambiente, Università di Padova

I profondi cambiamenti cui è andata incontro la zootecnia negli ultimi anni stanno minando in misura sempre maggiore la fiducia dei consumatori verso gli alimenti di origine animale, ritenuti spesso poco salubri e pericolosi per la salute dell'uomo. Ciò è per buona parte legato alla distorta visione degli allevamenti intensivi, spesso considerati irrispettosi dell'ambiente e mere "industrie" per la produzione di alimenti, che non tengono in considerazione il benessere degli animali. In realtà l'evoluzione delle pratiche zootecniche non è stata altro che una conseguenza della crescita della popolazione e della trasformazione della società. Infatti, dai poco più di due miliardi e mezzo di persone registrate nell'immediato dopoguerra, la popolazione mondiale è passata a oltre 7 miliardi e mezzo nel 2017 e si stima crescerà fino a oltre 9 miliardi nel 2050. Tale incremento è stato molto più marcato nei Paesi in via di sviluppo piuttosto che in quelli industrializzati, determinando una maggiore richiesta di proteine di origine animale. Ecco, quindi, che la zootecnia è andata incontro alla sua "rivoluzione": alcune branche delle scienze animali, quali la genetica e le tecniche di allevamento e di alimentazione si sono notevolmente sviluppate, al fine di implementare sempre più la quantità dei prodotti di origine animale. Ciò è stato possibile attraverso la selezione di animali sempre più specializzati e produttivi, ma sempre più incapaci a soddisfare le maggiori esigenze metaboliche, portando quindi a una riduzione del benessere e incrementando l'incidenza di tecnopatie, con conseguente maggior uso di farmaci.

Come rispondere alla crescente richiesta di proteine di origine animale? Fino a che livello produttivo sarà possibile spingere gli animali per andare incontro alla domanda? Molti tecnici e ricercatori del settore sono concordi

nel ritenere che, a fronte di un aumento dell'efficienza di produzione che sarà possibile raggiungere attraverso il miglioramento genetico e delle tecniche di allevamento e alimentazione, vie più semplici potrebbero essere rappresentate dall'allevamento di insetti, o addirittura dalla carne prodotta in laboratorio. L'allevamento di insetti a scopo alimentare è una delle strade più recenti e promettenti per la ricerca di fonti proteiche alternative (Meyer-Rochow et al., 2021). Gli insetti rappresentano una valida alternativa sostenibile, sia per la produzione di cibo per l'uomo che di mangime per gli animali d'allevamento, tanto che a tal riguardo anche la Commissione Europea si è recentemente espressa in maniera favorevole. I vantaggi legati all'allevamento degli insetti a scopo alimentare sono diversi: dalla maggiore efficienza di conversione alimentare, alla possibilità di essere allevati su scarti e sottoprodotti organici che vengono così riciclati e convertiti, al ridotto fabbisogno di acqua e impatto ambientale.

La produzione di carne in laboratorio rappresenta una delle soluzioni proposte negli ultimi anni per cercare nuove soluzioni all'alimentazione tradizionale (Fernandes et al., 2020). Mediante la carne artificiale si punta sia a soddisfare le esigenze dei consumatori di carne, sia quelle dei vegetariani, particolarmente attenti alle questioni etiche legate a produzione della carne, sostenibilità e benessere degli animali. Esistono già ristoranti che servono carne sintetica, sebbene i principali ostacoli alla commercializzazione siano rappresentati dagli elevati costi di produzione e dagli sconosciuti effetti a lungo termine sulla salute umana.

Dopo questa dovuta premessa, è lecito chiedersi quale sarà il futuro degli allevamenti zootecnici, legato indissolubilmente a 3 aspetti: sostenibilità, benessere animale e qualità dei prodotti. Se in passato la sostenibilità ambientale era trascurata a vantaggio di quella economica, è ormai universalmente riconosciuto che queste rappresentano un binomio imprescindibile. Il contributo dell'agricoltura *in toto* alle emissioni mondiali di GHG nel 2017 è stato di circa il 16% (15,8%) e di questo il 5,8% era legato alle attività zootecniche (Van Eenennaam & Werth, 2021). In particolare, queste emissioni sono dovute essenzialmente al  $\text{CH}_4$  (64%) e al  $\text{N}_2\text{O}$  (34,6%), mentre la  $\text{CO}_2$  incide in misura inferiore (1,4%). Il metano, un gas serra con un effetto termico 25 volte superiore a quello della  $\text{CO}_2$ , si origina dalle fermentazioni ruminali e da quelle a carico della sostanza organica non digerita ed escreta nelle defezioni in anaerobiosi. Le maggiori perdite di  $\text{CH}_4$  si hanno nei ruminanti, che ospitano larghe popolazioni di batteri e protozoi nel rumine. Nel caso dei suini e avioli, tali perdite sono assai più contenute. Il protossido di azoto è considerato uno dei gas più impattanti sull'ambiente: 1 solo kg equivale a circa 300 kg di  $\text{CO}_2$  equivalente. Deriva principalmente dalla degradazione aerobica delle

deiezioni e dalle lavorazioni dei terreni agricoli. Va comunque sottolineato che, come dimostrato da un recente studio, a fronte dei circa 5,7 milioni di GHG emessi in atmosfera dal settore zootecnico, le foraggere e gli altri alimenti utilizzati per l'alimentazione degli animali sono in grado di sottrarne quasi 5 volte tanto, ridimensionando il ruolo impattante della zootecnia (De Vivo & Zicarelli, 2021).

Il tema del benessere degli animali da reddito ha suscitato negli ultimi anni grande interesse sia da parte degli addetti ai lavori che dei consumatori, sempre più attenti alle modalità con le quali vengono trattati gli animali in allevamento (Silva et al., 2021). Questo ha spinto i tecnici del settore a ricercare forme più precise e moderne di valutazione del benessere, anche se allo stato attuale un'univoca e reale valutazione risulta ancora complicata. Hughes nel 1976 definì il benessere animale come «uno stato di completa salute mentale e fisica nel quale l'animale è in armonia con il proprio ambiente di vita» e più nello specifico Broom nel 1986 affermò: «Il benessere di un individuo corrisponde al suo stato di adattamento rispetto al suo ambiente». Ma perché è così importante il rispetto del benessere animale? È ormai ampiamente riconosciuto che un animale in benessere presenta un sistema immunitario più forte, è in grado di adattarsi meglio all'ambiente in cui vive, migliora la quantità e la qualità delle sue produzioni e va incontro molto meno a problematiche di tipo sanitario, determinando quindi una riduzione dell'utilizzo di antibiotici e una maggiore salubrità dei prodotti. L'efficienza riproduttiva di animali in ridotte condizioni di benessere risulta inevitabilmente compromessa, inficiando anche la sostenibilità economica dell'azienda. Attualmente, quindi, il benessere animale è un concetto multifattoriale e uno dei parametri principali da tenere in considerazione per la gestione dei moderni allevamenti zootecnici, per garantire il legame tra sanità animale e salubrità degli alimenti.

Al benessere sono legati due temi particolarmente importanti: l'antimicrobico-resistenza (AMR) e la qualità funzionale dei prodotti. L'AMR è un fenomeno per il quale un batterio risulta resistente all'attività di un farmaco antimicrobico ed è in grado di replicarsi a concentrazioni di quel farmaco che risulterebbero inibenti per la massima parte degli stipiti della stessa specie. In accordo con la Decisione UE n. 1082 del 2013 del Parlamento e del Consiglio Europeo l'AMR è considerata «tra le più gravi minacce transfrontaliere del terzo millennio insieme ai cambiamenti climatici e al terrorismo», tanto da essere considerato la peste del futuro: si stima che nel 2050 l'AMR provocherà un maggior numero di decessi dei tumori. Proprio quando l'AMR si sviluppa in batteri responsabili di zoonosi, tali germi possono compromettere l'efficacia delle terapie antibiotiche nell'uomo. Sebbene l'EFSA, l'EMA e l'ECDC abbiano certificato il sorpasso virtuoso della veterinaria, per cui i consumi di



antibiotici negli animali da produzione alimentare si sono attestati su livelli inferiori a quelli del settore umano, il problema dell'AMR è allo stato odierno sotto l'occhio attento dell'opinione pubblica, sia per il problema zoonotico cui si accennava in precedenza, che per la possibilità di residui negli alimenti, quando non siano rispettati i tempi di sospensione. La riduzione dell'utilizzo di antibiotici è strettamente legata al miglioramento delle condizioni di allevamento e benessere degli animali: animali più "resilienti" alle condizioni di allevamento e quindi in maggiori condizioni di benessere, presenteranno un sistema immunitario più forte e quindi avranno meno necessità di utilizzo di antimicrobici.

L'altro grande capitolo legato al benessere animale riguarda la qualità dei prodotti, intesa non solo come qualità nutrizionale, ma legata alla presenza di metaboliti funzionali. Nel 1862 Ludwig Feuerbach asseriva: «L'uomo è ciò che mangia». Il capitolo degli alimenti funzionali detti anche nutraceutici (nutrizione + farmaceutica = nutraceutica) riguarda quei prodotti che non hanno solo la funzione di mero nutrimento ma mostrano effetti benefici sulla salute umana (Rani & Yadav, 2018). Studi precedenti hanno evidenziato come svariate molecole derivanti da prodotti naturali possano essere implicate nel trattamento (curativo o preventivo) di innumerevoli patologie, alla base delle quali vi è spesso un processo flogistico protratto nel tempo correlato a sua volta a stress ossidativo, che si può riscontrare a carico di qualsiasi tipo cellulare (*Antioxidant / Redox Signaling*, ARS). Queste ultime sono sostanze riscontrabili normalmente nell'organismo (perossido d'idrogeno, diossido d'idrogeno, ossigeno molecolare), ma se presenti in quantità massive possono indurre danno cellulare, mutazioni del DNA e denaturazione proteica: disequilibri nella presenza di suddette molecole, quando tali processi infiammatori sono in corso, possono, se protratti, divenire patologici. Tra queste molecole annoveriamo, ad esempio, le sirtuine (*silent regulator information transcript*, SIRT), una famiglia di proteine coinvolte nella regolazione dell'espressione genica. Ma gli alimenti di origine animale contengono diverse sostanze che consentono di definirli "alimenti funzionali". Ad esempio, la significativa presenza di biomolecole funzionali come le betaine ( $\gamma$ -butirrobetaina, acetilcarnitina, propionilcarnitina, glicina-betaina e soprattutto  $\delta$ -valerobetaina) nelle produzioni di ruminanti piuttosto che di non ruminanti, è ben documentata in letteratura (Servillo et al., 2018a). In particolare, la  $\delta$ -valerobetaina, presente in estratti acquosi di latte di bufala, è in grado di ridurre il danno di natura infiammatoria causato da alte concentrazioni di glucosio su cellule endoteliali, regolando la via metabolica SIRT1/SIRT6-NF $\kappa$ B (Servillo et al., 2018b). Studi recenti hanno anche messo in evidenza l'attività citotossica delle betaine su alcune cellule tumorali, quali quelle del carcinoma della mammella, della



lingua, della laringe e del colon-retto (D'Onofrio et al., 2020) e come la concentrazione di tali molecole possa essere implementata con il miglioramento del benessere animale (Salzano et al., 2019). Quanto esposto, quindi, mette in evidenza l'importanza delle produzioni animali nell'ottica del principio di One-health, per cui la salute dell'uomo, dell'ambiente e degli animali sono indissolubilmente legate tra loro.

Come riuscire quindi a migliorare contemporaneamente l'efficienza e la qualità delle produzioni animali, senza trascurare il benessere in allevamento? Come individuare le linee genetiche più resistenti e resilienti alle nuove forme di allevamento? Non potendo aumentare troppo il numero di animali allevati, per evitare il rischio del progressivo esaurimento delle risorse naturali, risulta indispensabile trovare il modo di produrre di più consumando meno risorse. D'altro canto, l'aumento del numero di animali per allevamento, ha reso difficile l'osservazione dei singoli animali. Per questo si è reso necessario lo sviluppo della zootecnia di precisione o Precision Livestock Farming (PLF), che consiste in tecnologie e strumenti per il monitoraggio continuo, automatizzato ed in tempo reale degli animali (Silva et al., 2021). Un sistema PLF, quindi, richiede la presenza di diverse tipologie di strumenti: sensori per la rilevazione di indicatori produttivi, riproduttivi, fisiologici e comportamentali; data loggers per memorizzare i dati provenienti dai sensori; elaboratori dei dati in cui funzionano specifici algoritmi e modelli matematici per ciascuno dei dati presi in esame; software di interpretazione con un'interfaccia utente semplice, che si traduce in un segnale facilmente comprensibile all'allevatore.

Gran parte degli strumenti tecnologici attualmente in funzione nelle aziende zootecniche (sistemi di identificazione elettronica, alimentatori automatici, sistemi di mungitura automatici, software gestionali) sono finalizzati a ottimizzare/automatizzare i processi produttivi per ridurre il lavoro manuale piuttosto che focalizzarsi sui fabbisogni dell'animale. Altri come i sensori automatici per la rilevazione degli estri, la determinazione del peso degli animali, sistemi precoci di rilevazione delle mastiti, sono meno diffusi (Gargiulo et al., 2018). Tuttavia la ricerca si sta sempre più orientando a utilizzare questi strumenti per obiettivi ben più ampi, come migliorare la salute animale (diagnosi precoce di patologie, monitoraggio della qualità dell'ambiente d'allevamento e del benessere animale), diminuire i costi di allevamento (ridurre l'impatto ambientale, ridurre l'uso di farmaci, rilevare automaticamente fenotipi d'interesse), aumentare le produzioni (aumentare il numero di informazioni utilizzabili, migliorare l'efficienza delle produzioni).

Le tecnologie PLF sono particolarmente utili anche per fini selettivi in quanto consentono il rilievo di un numero sempre maggiore di fenotipi che possono essere inclusi negli obiettivi di selezione. L'efficacia di questi nuovi

strumenti è stata inoltre favorita dalla cosiddetta “Rivoluzione Genomica”. Questo “nuovo” approccio selettivo, detto anche *genomic selection* (Hayes et al., 2009), è stato possibile grazie alle innovazioni tecnologiche che hanno permesso di “leggere” alcune mutazioni puntiformi del genoma degli animali da reddito (i.e. single-nucleotide polymorphism, SNP) e di associare ciò che veniva letto alle loro performance. I vantaggi sono enormi: maggiore accuratezza e minor intervallo di generazione che si concretizza in maggior progresso genetico (García-Ruiz et al., 2016).

Nonostante i progressi ottenuti spostando l’obiettivo di selezione verso caratteri maggiormente legati alla funzionalità e introducendo allo stesso tempo metodi di selezione più efficienti e accurati, il miglioramento genetico del benessere e resilienza degli animali da reddito – che ricordiamo dovrebbe essere permanente e additivo – dovrebbe passare anche attraverso la definizione e utilizzo di un’informazione fenotipica *diversa*, intendendo con questo un fenotipo 2I: Informativo ed Innovativo. Diversi autori (Berghof et al., 2019) hanno infatti sottolineato come un approccio efficace per la valutazione e il miglioramento della resilienza possa essere quello di utilizzare indicatori fenotipici che siano in grado di cogliere le deviazioni delle performance di un individuo rispetto all’atteso lungo un certo periodo di tempo.

Un altro approccio che si sta dimostrando estremamente efficiente nel predire fenotipi 2I è l’impiego della spettrometria all’infrarosso del latte (Cecchinato et al., 2020). Vista l’importanza e la centralità metabolica della mammella non stupisce che il latte prodotto possa fornire informazioni sul suo funzionamento metabolico e su quello di altri organi e apparati. È intuibile quindi che la spettrometria all’infrarosso del latte possa essere impiegata per monitorare non solo la produzione, ma anche il benessere, la fertilità e l’impatto ambientale. Relativamente al benessere animale, lo spettro all’infrarosso ci può inoltre fornire indicazioni sui processi di dimagrimento eccessivo in atto attraverso la predizione del profilo in acidi grassi del latte e in particolare di quelli a lunga catena (stearico, oleico), più frequenti nei depositi di grasso corporeo, che aumentano nel latte quando la bovina sta dimagrendo.

Altri indicatori del dimagrimento eccessivo sono i corpi chetonici presente nel sangue (non solo BHB, beta-idrossi-butirato), perché anch’essi possono essere predetti dallo spettro all’infrarosso del latte. La utilità della loro predizione non riguarda solo gli aspetti patologici, la chetosi, ma, nell’ambito dei valori fisiologici, danno indicazioni anche sul bilancio energetico di un individuo. Il bilancio energetico negativo ritarda la ripresa del ciclo ovarico e la piena funzionalità dell’apparato riproduttore condizionando negativamente la fertilità. Recentemente è stato evidenziato come lo spettro all’infrarosso del latte possa essere impiegato per avere qualche predizione sulla fertilità delle

bovine da latte, sul loro stato di calore e sulla sua probabilità di rimanere gravide.

Infine, un altro elemento da considerare oltre alla genomica ed ai fenotipi 2I riguarda gli aspetti più prettamente *computazionali*, intendendo con questo gli algoritmi utilizzati per analizzare i dati raccolti e produrre le predizioni necessarie (i.e. indici genetici, probabilità di patologie od eventi specifici). In questo senso l'applicazione di metodi di *machine learning e deep learning*, sta prendendo sempre più piede sia nell'ambito dell'utilizzo delle informazioni genomiche per la predizione di patologie legate a caratteri recessivi (Biffani et al., 2015;), per la stima dei valori genomici (Montesinos-López et al., 2021) o per prevedere lo stato di salute della mammella (Bobbo et al., 2021).

In conclusione, è evidente che il futuro della zootecnia passa inevitabilmente attraverso l'applicazione di nuove tecnologie, quali PLF e genomica, che consentano l'individuazione di soggetti più resistenti e resilienti, al fine di migliorare la sostenibilità e l'efficienza degli allevamenti.

#### BIBLIOGRAFIA

- BERGHOF T.V.L., POPPE M., MULDER H.A. (2019): *Opportunities to Improve Resilience in Animal Breeding Programs*, «Front Genet», 9, pp. 692.
- BIFFANI S., DIMAURO C., MACCIOTTA N., ROSSONI A., STELLA A., BISCARINI F. (2015): *Predicting haplotype carriers from SNP genotypes in Bos taurus through linear discriminant analysis*, «Gen Sel Evol», 47, pp. 1-11.
- BOBBO T., BIFFANI S., TACCIOLI C., PENASA M. CASSANDRO M. (2021): *Comparison of machine learning methods to predict udder health status based on somatic cell counts in dairy cows*, «Sci Rep», 11, pp. 1-10.
- CECCHINATO A., TOLEDO-ALVARADO H., PEGOLO S., ROSSONI A., SANTUS E., MALTECCA C., BITTANTE G. TIEZZI F. (2020): *Integration of wet-lab measures, milk infrared spectra, and genomics to improve difficult-to-measure traits in dairy cattle populations*, «Front Gen», 11, p. 1131.
- D'ONOFRIO N., CACCIOLA N., MARTINO E., BORRELLI F., FIORINO F., LOMBARDI A., NEGGLIA G., BALESTRIERI M.L., CAMPANILE G. (2020): *ROS-Mediated Apoptotic Cell Death of Human Colon Cancer Cells by Buffalo Milk  $\delta$ -Valerobetaine*, «Sci Rep», 10, p. 8978.
- DE VIVO R., ZICARELLI L. (2021): *Influence of carbon fixation on the mitigation of greenhouse gas emissions from livestock activities in Italy and the achievement of carbon neutrality*, «Transl Anim Sci», 5, p. txab042.
- RANI V., YADAV U.C.S. (2018): *Functional Food and Human Health*, Springer, Singapore.
- FERNANDES A.M., DE SOUZA TEIXEIRA O., PALMA REVILLION J.P., DE SOUZA Â.R.L. (2020): *Conceptual evolution and scientific approaches about synthetic meat*. «J Food Sci Tech», 57, pp. 1991-1999.
- GARCÍA-RUIZ A., COLE J.B., VANRADEN P.M., WIGGANS G.R., RUIZ-LÓPEZ F.J., VAN TASSELL C.P. (2016): *Changes in genetic selection differentials and generation intervals in US Holstein dairy cattle as a result of genomic selection*, «PNAS», 113, pp. E3995-E4004.

- GARGIULO J.I., EASTWOOD C.R., GARCIA S.C., LYONS N.A. (2018): *Dairy farmers with larger herd sizes adopt more precision dairy technologies*. «J Dairy Sci», 101, pp. 5466-5473.
- HAYES B. J., BOWMAN P. J., CHAMBERLAIN A. J., GODDARD M.E. (2009): *Invited review: Genomic selection in dairy cattle: Progress and challenges*, «J Dairy Sci», 92, pp. 433-443.
- MEYER-ROCHOW V.B., GAHUKAR R.T., GHOSH S., JUNG C. (2021). *Chemical Composition, Nutrient Quality and Acceptability of Edible Insects Are Affected by Species, Developmental Stage, Gender, Diet, and Processing Method*. «Foods», 10, p. 1036.
- MONTESINOS-LÓPEZ O.A., MONTESINOS-LÓPEZ A., PÉREZ-RODRÍGUEZ P., BARRÓN-LÓPEZ J.A., MARTINI J.W.R., FAJARDO-FLORES S.B., GAYTAN-LUGO L.S., SANTANA-MANCILLA P.C., CROSSA J. (2021): *A review of deep learning applications for genomic selection*, «BMC Genomics», 22, p. 19.
- SALZANO A., LICITRA F., D'ONOFRIO N., BALESTRIERI M.L., LIMONE A., CAMPANILE G., D'OCCHIO M.J., NEGLIA G. (2019): *Space allocation in intensive Mediterranean Buffalo production influences the profile of functional biomolecules in milk and dairy products*, «J Dairy Sci», 102, pp. 7717-7722.
- SERVILLO L., D'ONOFRIO N., GIOVANE A., CASALE R., CAUTELA D., CASTALDO D., IANNACCONE F., NEGLIA G., CAMPANILE G., BALESTRIERI M.L. (2018a): *Ruminant meat and milk contain <math>\delta</math>-Valerobetaine, another precursor of trimethylamine N-oxide (TMAO) like <math>\gamma</math>-butyrobetaine*. «Food Chem», 260, pp. 193-199.
- SERVILLO L., D'ONOFRIO N., NEGLIA G., CASALE R., CAUTELA D., MARRELLI M., LIMONE A., CAMPANILE G., BALESTRIERI M.L. (2018b): *Carnitine precursors and short-chain acylcarnitines in water buffalo milk*, «J Agric Food Chem», 66, pp. 8142-8149.
- SILVA S.R., ARAUJO J.P., GUEDES C., SILVA F., ALMEIDA M., CERQUEIRA J.L. (2021): *Precision Technologies to Address Dairy Cattle Welfare: Focus on Lameness, Mastitis and Body Condition*. «Animals», 11, p. 2253.
- VAN EENENNAAM A.L., WERTH S.J. (2021): *Animal board invited review: Animal agriculture and alternative meats - learning from past science communication failures*. «Animal», 15, p. 100360.

NICOLÒ PIETRO PAOLO MACCIOTTA<sup>1</sup>, MARIANGELA CAROPRESE<sup>2</sup>,  
ROBERTA CIAMPOLINI<sup>3</sup>, UMBERTO BERNABUCCI<sup>4</sup>, ALESSANDRO NARDONE<sup>4</sup>

## Quali obiettivi di selezione per fronteggiare i cambiamenti climatici

<sup>1</sup> Università degli Studi di Sassari

<sup>2</sup> Università degli Studi di Foggia

<sup>3</sup> Università degli Studi di Pisa

<sup>4</sup> Università degli Studi della Tuscia, Viterbo

### INTRODUZIONE

L'andamento del clima negli ultimi decenni e le previsioni future delineano un quadro estremamente preoccupante, caratterizzato da costante aumento delle temperature medie, riduzione delle precipitazioni e aumento degli eventi meteorologici estremi. Le caratteristiche dell'area mediterranea, determinate da un mare semi-chiuso di modesta estensione, la rendono particolarmente sensibile al cambiamento climatico (CC). A tale contesto di criticità si sovrappone la necessità di aumentare le produzioni agricole per soddisfare le esigenze dovute all'incremento demografico e dei consumi medi pro capite della popolazione mondiale.

L'impatto dei CC sulle produzioni zootecniche è stato oggetto di numerosi studi. È noto come l'effetto dei CC sia differente a seconda dei sistemi di allevamento, con quelli totalmente dipendenti dalle risorse foraggere spontanee come i più vulnerabili (Nardone et al., 2010). Il clima esercita un effetto diretto sull'animale, influenzando il comportamento e lo stadio fisiologico, e uno indiretto sull'ambiente di allevamento, che riguarda la disponibilità idrica e alimentare, lo sviluppo degli agenti patogeni. Esistono rilevanti differenze fra le specie di interesse zootecnico: studi di simulazione mostrano come gli ovini abbiano la maggiore capacità di adattamento a scenari di CC (Niggol Seo et al., 2010). Esiste anche una variabilità tra razze della stessa specie (autoctone vs cosmopolite) e tra individui della stessa razza. Per tale motivo, la selezione genetica può rappresentare un interessante strumento per la mitigazione degli effetti del CC sulle produzioni zootecniche. La maggior parte degli studi con-

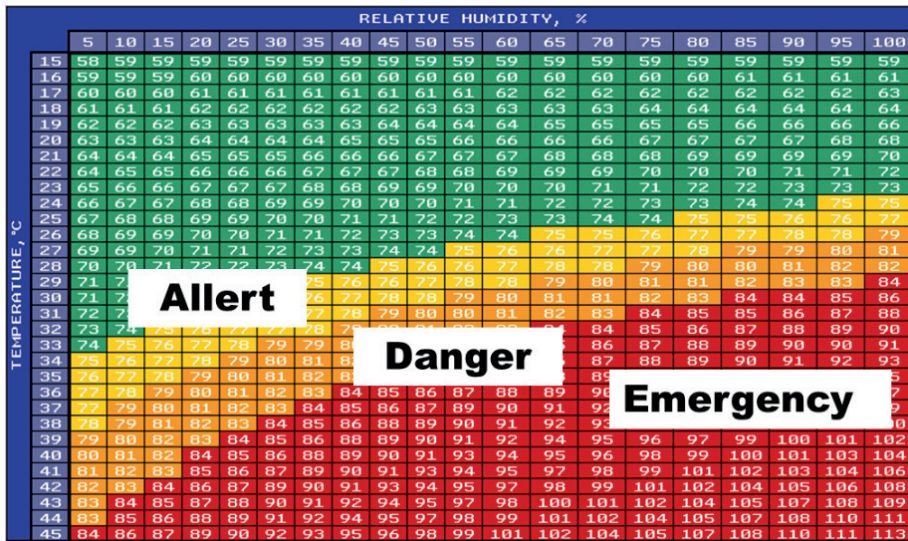
dotti in questo campo riguarda la resistenza allo stress da caldo dei ruminanti, che verrà quindi trattato come esempio nella presente relazione.

#### LO STRESS DA CALDO NEI RUMINANTI

Gli animali omeotermi hanno una zona termo-neutrale in cui il dispendio energetico per il mantenimento della normale temperatura corporea è minimo, costante e indipendente dalla temperatura ambientale. Quando le variabili ambientali, come temperatura, umidità, ventilazione e radiazione solare raggiungono valori che superano il limite superiore di tale zona, gli animali entrano in una condizione nota come stress da caldo: la temperatura corporea interna supera il suo intervallo per l'attività normale a causa di un carico termico totale (produzione interna e ambiente) superiore alla capacità di dissipazione del calore stesso.

Nei ruminanti lo stress termico determina una perturbazione dell'equilibrio omeostatico a cui segue una complessa risposta. L'attivazione del sistema nervoso simpatico, con liberazione di catecolamine, e dell'asse ipotalamo-ipofisi-surrene, con rilascio di glucocorticoidi, hanno un'influenza rilevante sul sistema immunitario. Lo stress termico induce un aumento dello stress ossidativo (Bernabucci et al., 2002; Flanagan et al., 1998), possibile fattore che può indurre l'attivazione della biosintesi delle HSP (heat shock proteins) (Szyller e Bil-Lula, 2021). I glucocorticoidi e le HSP intervengono nella regolazione dei processi immunologici, con riduzione della proliferazione dei linfomonociti periferici e della secrezione di citochine pro-infiammatorie (Caroprese et al., 2018). In vacche Frisone è stata anche osservata una riduzione dell'attività fagocitaria dei neutrofili periferici, che lascia supporre una ridotta competenza del sistema immunitario innato (Lecchi et al., 2016) e che potrebbe spiegare la maggiore incidenza di patologie quali mastiti e metriti osservata durante condizioni di stress da caldo (Collier et al., 2017). Inoltre, l'ipertermia e il conseguente aumento della secrezione dei glucocorticoidi possono avere un ruolo di depressione delle risposte immunitarie di tipo cellulo-mediato influenzando il rapporto tra le popolazioni linfocitarie T-helper (Th)1/Th2. Alcuni autori durante l'ipertermia hanno infatti verificato una riduzione della secrezione delle citochine Th1 in favore della secrezione delle citochine Th2 (Elenkov e Chrousos, 1999; Murzenok et al., 1997; Webster et al., 2002). La comunicazione tra i glucocorticoidi e sistema immunitario sarebbe di tipo bidirezionale con un'azione non solo di tipo soppressivo ma anche di tipo permissivo e di stimolo a seconda dei casi (Sapolsky et al., 2000; Ciliberti et al., 2017).



Fig. 1 *Indice bioclimatico THI*

La stima di quanto siano “confortevoli” o “stressanti” le condizioni ambientali è complessa, in quanto esse sono il risultato delle combinazioni di vari fattori quali temperatura, umidità, vento e radiazioni dirette e indirette. A tale scopo sono stati sviluppati numerosi indici bioclimatici. L'indice di temperatura-umidità (THI) è una combinazione di temperatura e umidità relativa (fig. 1), due variabili facilmente misurabili e spesso rese pubbliche dai servizi meteorologici. Esistono diverse equazioni per il calcolo del THI, la maggior parte delle quali si differenzia per il peso dato all'umidità relativa; quindi, diverse equazioni si adatteranno a diverse zone geografiche.

La radiazione solare, sebbene possa contribuire fortemente al carico termico, è di difficile misurazione ed il suo effetto dipende in parte dalle caratteristiche del mantello animale. Pertanto, le equazioni THI che non incorporano variabili quali velocità del vento e radiazione solare oltre a temperatura umidità, hanno limitazioni per i sistemi produttivi basati sui pascoli e *feedlot*.

#### EFFETTI DELLO STRESS TERMICO SULLA PRODUZIONE E COMPOSIZIONE DEL LATTE

Lo stress da caldo influenza negativamente la produzione di latte (fig. 2).

La produzione diminuisce con l'aumento del THI, in particolar modo nelle vacche più produttive. Il calo produttivo può essere calcolato in funzione del THI medio giornaliero e del livello normale di produzione di latte regi-

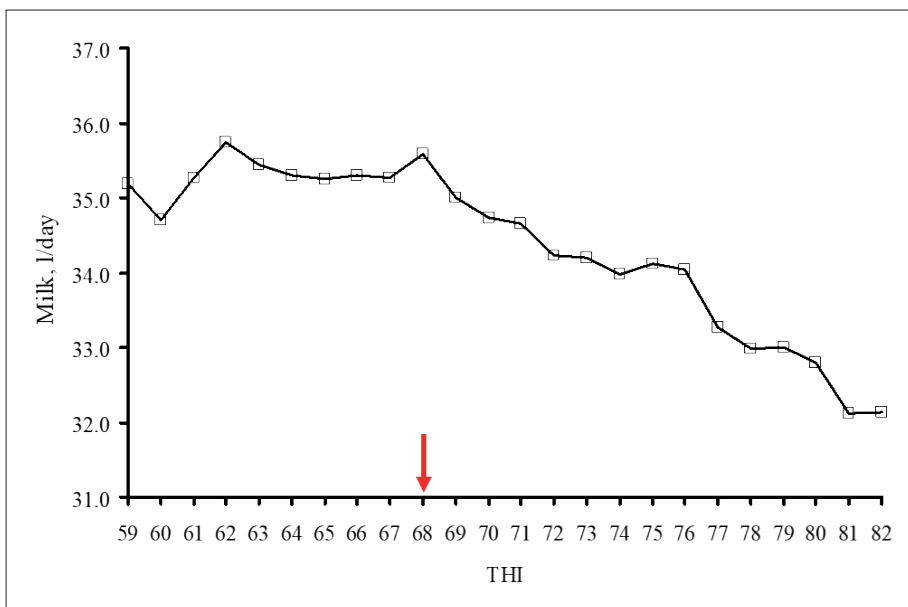


Fig. 2 *Variazioni della produzione di latte in funzione del THI*

strato nell'intervallo di temperatura di 10-18°C (NL) con la seguente relazione (Berry et al., 1964):

$$\text{Calo della produzione di latte (kg/giorno)} = -1,075 - 1,736 * \text{NL} + 0,02474 * \text{NL} * \text{THI}$$

Diversi studi hanno riportato una riduzione dei contenuti in proteine e grasso del latte e un aumento delle cellule somatiche e della carica batterica totale all'aumentare del THI. Bertocchi et al. (2014) hanno osservato punti di rottura rispettivamente di 50,2 THI per il contenuto in grasso, 65,2 THI per quello in proteine, 57,3 THI per le cellule somatiche e 72,8 THI per la carica batterica totale ((fig. 3).

Il latte prodotto in estate presenta un contenuto inferiore di  $\alpha_s$ -caseina ( $\alpha_{s1} + \alpha_{s2}$ ) e superiore di  $\kappa$ -caseina rispetto alle altre stagioni (Bernabucci et al., 2015). Tali variazioni influenzano l'attitudine alla caseificazione del latte: il latte prodotto nel periodo estivo presenta valori più alti del tempo di coagulazione ( $r$ ) e di rassodamento della cagliata ( $k_{20}$ ), e un peggioramento (riduzione) della compattezza della cagliata ( $a_{30}$ ) (Bernabucci et al., 2014). Tali modifiche possono spiegare il calo di resa del formaggio Grana Padano durante l'estate in particolare nella Pianura Padana (fig. 4).



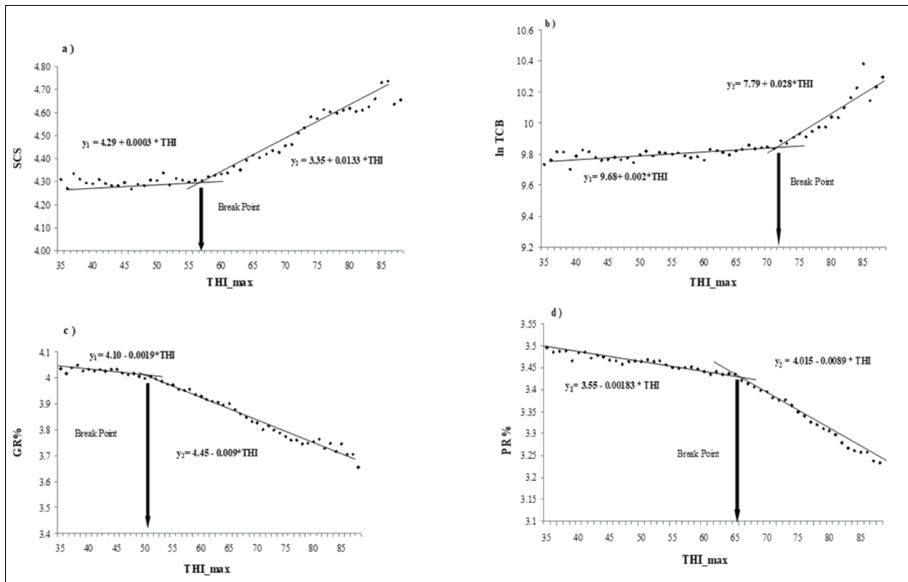


Fig. 3 Variazione di alcune componenti del latte latte vaccino in relazione all'indice massimo di THI registrato due giorni prima del giorno di campionamento: (a) le cellule somatiche (SCS); (b) la carica batterica totale (LnTBC); (c) la percentuale di grasso (GR%); (d) la percentuale di proteine (PR%)

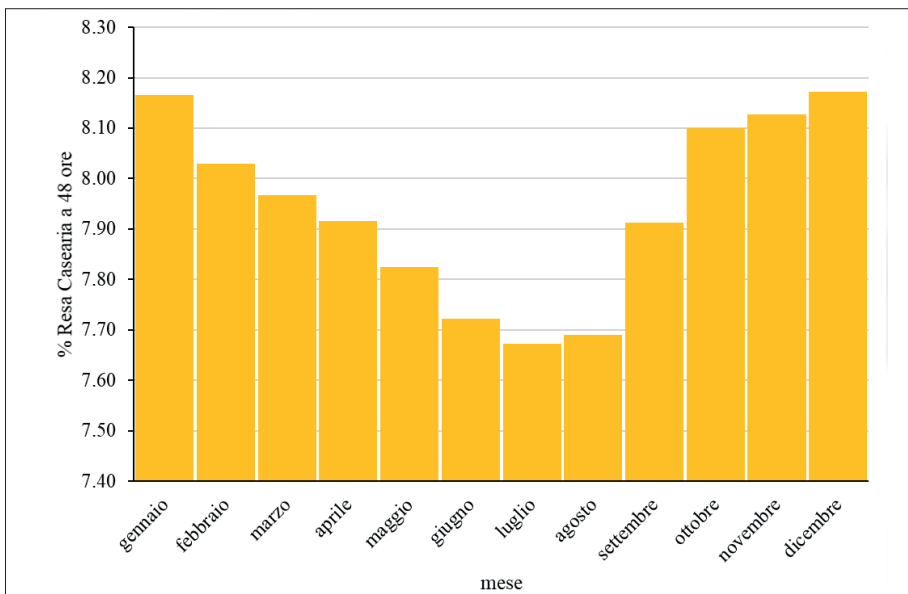


Fig. 4 Relazione fra mese di produzione e resa in Grana Padano (%)

## GENETICA DELLO STRESS DA CALDO NEI BOVINI

Uno dei principali problemi del miglioramento genetico della resistenza allo stress da caldo è rappresentato dalla definizione di fenotipi misurabili in grado di rappresentare adeguatamente questo carattere. Alcune variabili fisiologiche sono direttamente legate alle reazioni dell'organismo alle temperature esterne. Un esempio è dato dalla temperatura rettale, che presenta una ereditabilità moderata (0.17) (Dikmen et al., 2012). Di particolare interesse sono le sue correlazioni genetiche con i caratteri di interesse zootecnico (tab. 1): seppure di modesta entità, esse sono favorevoli (negative) con le cellule somatiche e con la fertilità mentre sono sfavorevoli (positive) con i caratteri produttivi. Quindi una selezione mirata alla riduzione della temperatura rettale, e quindi al miglioramento della termotolleranza, avrebbe come risultato anche la riduzione del livello produttivo degli animali.

CARATTERE	CORRELAZIONE GENETICA ( $\pm$ SE)
Produzione latte 305 giorni	0.090 $\pm$ 0.006
Produzione grasso 305 giorni	0.096 $\pm$ 0.006
Produzione proteina 305 giorni	0.102 $\pm$ 0.006
Somatic Cell Score	-0.010 $\pm$ 0.007
Fertilità figlie	-0.013 $\pm$ 0.007

Tab. 1 *Correlazione genetica fra temperatura rettale e caratteri produttivi e riproduttivi nei bovini da latte (da Dikmen et al., 2012)*

Come altre variabili fisiologiche quali il ritmo respiratorio o il tasso di sudorazione, la temperatura rettale si presenta di difficile misurazione con le metodiche standard, fatto che ne limita fortemente l'utilizzo su larga scala in programmi di selezione. Una possibile soluzione a queste limitazioni potrebbe essere offerta dalla zootecnia di precisione. La possibilità di utilizzare la sensoristica applicata direttamente sull'animale o sul latte prodotto individualmente per misurare variabili produttive e metaboliche permette di rilevare fenotipi a costi contenuti, su grandi numeri con frequenza molto elevata. A titolo di esempio, il monitoraggio digitale attraverso sensori può permettere il rilevamento dell'ingestione, della ruminazione, del peso delle bovine, del *body condition score*, della temperatura corporea della frequenza respiratoria, che potrebbero essere convenientemente utilizzati come fenotipi ai fini della selezione a favore della termoresistenza.

L'approccio più comunemente utilizzato per studiare gli aspetti genetici della termoresistenza si basa sulla valutazione della risposta produttiva degli animali al variare della temperatura dell'aria o dell'indice bioclimatico THI. In questo modo la termoresistenza, che avrà un valore differente a seconda del carattere produttivo considerato, è valutata utilizzando dati comunemente raccolti nei programmi di selezione. Secondo il concetto del modello *broken-line*, si assume che oltre un valore soglia di THI, che costituisce il limite superiore della zona di termo-neutralità, l'animale cominci a risentire degli effetti dello stress termico. Dal punto di vista statistico, l'approccio è quello del *norm reaction model*, che assume una relazione lineare fra il carattere di interesse e la variabile ambientale (THI). In particolare, l'effetto individuale viene modellizzato con un'intercetta, che rappresenta il livello produttivo, ed una pendenza che rappresenta la risposta allo stress termico.

Bernabucci et al. (2014) hanno stimato i parametri genetici della esistenza allo stress da caldo in bovini di razza Frisona italiana utilizzando alcuni caratteri produttivi come variabile di risposta e includendo il THI tra le variabili esplicative del modello.

CARATTERE	EREDITABILITÀ	CORRELAZIONI GENETICHE
Produzione latte kg	0.14	-0.40
Produzione grasso kg	0.09	-0.46
Produzione proteina kg	0.12	-0.50
Contenuto in proteine %	0.28	-0.42

Tab. 2 *Ereditabilità della resistenza al caldo e sue correlazioni genetiche con caratteri produttivi in bovine di razza Frisona italiana (da Bernabucci et al., 2014)*

I valori riportati in tabella 2 confermano la ereditabilità moderata-bassa della resistenza al caldo e, analogamente a quanto visto per la temperatura rettale, la relazione sfavorevole con il livello produttivo. Questo aspetto deve essere tenuto in particolare considerazione in un programma di selezione e la termotolleranza dovrebbe essere inserita in un indice di selezione aggregato che tenga conto della sua correlazione con i caratteri produttivi.

In effetti gli animali mostrano reazioni diverse al variare delle condizioni climatiche. La figura 5a riporta le medie corrette della produzione di latte delle figlie di tre tori di razza Frisona italiana per diversi valori di THI (Macciotta et al., 2017). Si può notare come le figlie del toro 1 tendano a ridurre la produzione all'aumentare del THI, quelle del toro 2 mantengano un livello

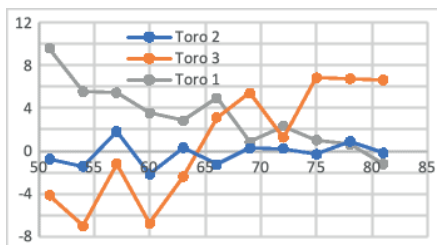


Fig. 5a *Medie corrette della produzione di latte delle figlie di tre tori di razza Frisone italiana per diversi valori di THI*

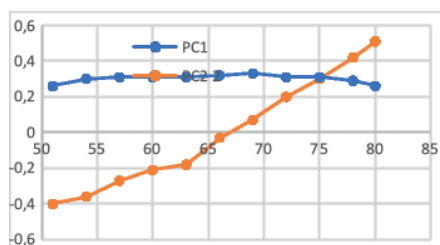


Fig. 5b *Autovettori delle componenti principali che esprimono il livello produttivo (PC1) e la pendenza (PC2) attraverso diversi livelli di THI*

produttivo costante e quelle del toro 3 addirittura tendano ad aumentarlo. Occorrerebbe quindi un fenotipo in grado di descrivere questi pattern ma che fosse non correlato con il livello produttivo.

Una possibile risposta a questo problema è stata suggerita con l'utilizzo della tecnica dell'analisi multivariata delle componenti principali (Macciotta et al., 2017) che consente di derivare dai dati riportati in figura 5a. due nuove variabili (PC1 e PC2) che esprimono rispettivamente il livello produttivo (PC1) e la pendenza del pattern (PC2) attraverso diversi livelli di THI (fig. 5b). La tabella 3 riporta le ereditabilità delle due nuove variabili e la loro correlazione genetica.

	$h^2$ PC1	$h^2$ PC2	$rg_{PC1,PC2}$
Produzione latte	0,39	0,07	0,01
Produzione grasso	0,44	0,07	0,01
Produzione proteina 305 giorni	0,41	0,05	0,00
Somatic Cell Score	0,37	0,06	0,04

Tab. 3 *Parametri genetici delle due componenti principali (da Macciotta et al., 2017)*

Il valore dell'ereditabilità della seconda componente è abbastanza in linea con quelli per altre misure di termotolleranza. Si nota, inoltre, come la correlazione genetica tra le due componenti sia praticamente pari a zero, confermando il fatto che si può selezionare a favore della PC2 (termotolleranza) senza modificare la PC1 (livello produttivo).

La capacità di adattamento alle condizioni climatiche è un carattere complesso, alla cui regolazione concorrono numerosi geni, una forte interazione genotipo ambiente e, non da ultimo, meccanismi di natura

epigenetica. Un recente studio condotto su bovine Frisone israeliane ha dimostrato che le prestazioni produttive e riproduttive delle bovine risultano influenzate dalla stagione di gravidanza della bisnonna (Weller et al., 2021). In particolare, l'effetto negativo è stato rilevato nel caso di gravidanze svolte nel periodo estivo, mentre quello positivo per le stagioni invernale e primaverile. Durante la gravidanza estiva delle bisnonne ( $F_0$ ), lo stress da caldo ha determinato un effetto epigenetico sulla formazione dei gameti delle nonne ( $F_1$ ) che è stato poi trasmesso alle mamme ( $F_2$ ) e alle nipoti ( $F_3$ ).

Una delle forme di allevamento che maggiormente risente degli effetti del CC è probabilmente quello delle api. Inverni troppo miti, primavere anticipate con aprile piovoso, maggio freddo e secco, ed estati torride causano una diapausa (sospensione invernale della deposizione) troppo breve, delle fioriture troppo precoci, quando le colonie non sono ancora sviluppate, e spesso con poco nettare per il clima secco o disturbate dalla pioggia. La selezione può intervenire per aiutare le api a fronteggiare questi problemi attraverso la modifica di alcuni parametri della loro biologia. Ad esempio, un aumento della longevità delle api permetterebbe uno stesso volume di bottinatrici con covate più ridotte, quindi con una riduzione delle esigenze alimentari. Api più longeve svernano inoltre più facilmente e una diapausa più lunga aiuta nella lotta alla Varroa.

#### GENOMICA E CAMBIAMENTI CLIMATICI

Nell'arco di poco più di un decennio, l'adozione dei programmi di selezione genomica ha comportato dei profondi cambiamenti nella struttura del miglioramento genetico di diverse specie di interesse zootecnico. Nei bovini da latte si è registrata una notevole accelerazione del progresso genetico a causa della forte riduzione dell'intervallo di generazione, dovuta alla possibilità di valutare con una buona attendibilità anche gli animali giovani che non hanno ancora prole in produzione.

Alcune delle caratteristiche della selezione genomica, come la possibilità di selezionare caratteri difficili da misurare nella popolazione e la sua efficienza per caratteri a bassa ereditabilità, la rendono di grande interesse ai fini del miglioramento genetico della termotolleranza. I primi risultati sono incoraggianti, con accuratezze dei valori genetici genomici (GEBV) di media grandezza (tab. 4).

RAZZA	CARATTERE	ACCURATEZZA
Holstein	Produzione latte kg	0.43
	Produzione grasso kg	0.46
	Produzione proteina kg	0.51
Jersey	Produzione latte kg	0.49
	Produzione grasso kg	0.55
	Produzione proteina kg	0.52

Tab. 4 Accuratezza dei GEBV per la resistenza al caldo calcolati per diversi caratteri produttivi su due razze bovine allevate in Australia (Nguyen et al., 2016)

Un contributo importante della genomica riguarda la comprensione dell'architettura genetica dei caratteri di adattabilità alle condizioni climatiche. Di particolare interesse a questo riguardo sono le razze locali, che rappresentano interessanti modelli biologici per caratterizzare la base genetica dell'evoluzione a breve termine determinatasi in risposta alla pressione indotta dal clima durante la loro storia di post-domesticazione. Gli studi di *Genome Wide Association* hanno consentito di identificare i geni che regolano le caratteristiche fenotipiche delle popolazioni locali. Ad esempio, i risultati del progetto GALIMED che ha valutato la struttura genetica di 21 razze bovine autoctone dell'area mediterranea, ha individuato oltre 50 geni associati a variabili di tipo climatico in grado di discriminare i diversi sottotipi di clima mediterraneo (Flori et al., 2018). Le funzioni biologiche di tali geni rientravano in vie metaboliche coinvolte nell'adattamento al clima mediterraneo: la termo-tolleranza, la protezione all'esposizione ai raggi UV, la resistenza agli agenti patogeni.

## CONCLUSIONI

La tolleranza alle condizioni climatiche avverse ha una base genetica e può essere oggetto di selezione. Alcune variabili legate alla fisiologia dell'animale potrebbero essere utilizzate come fenotipi in programmi di selezione per la termotolleranza, anche se una loro misurazione a livello di popolazione appare allo stato attuale piuttosto problematica. Soluzioni in questo senso potranno essere offerte dagli sviluppi e dalla diffusione delle tecnologie della zootecnia di precisione. L'approccio attualmente proponibile è quello basato sulla valutazione della termo-tolleranza mediante l'uso combinato dei dati relativi alle performances produttive e riproduttive degli animali e le variabili climatiche. Un grosso problema della selezione a favore della termotolleranza è rappresentato dalle correlazioni genetiche sfavorevoli con i caratteri produttivi. Ciò

richiede una particolare attenzione nei confronti dei modelli genetici utilizzati e l'inserimento della termotolleranza in un indice di selezione aggregato che tenga conto delle correlazioni con i caratteri produttivi. La genomica potrà sicuramente contribuire in termini di velocizzazione del progresso genetico e di comprensione delle basi genetiche dei caratteri di adattabilità alle condizioni climatiche. L'analisi delle sequenze del genoma delle razze locali potrà fornire ulteriori informazioni su varianti causative che influenzano tali caratteri. Va infine ricordato il ruolo che possono assumere gli studi di epigenetica per la comprensione dei complessi meccanismi che sono alla base dell'adattabilità alle condizioni ambientali e che potrebbero fornire utili indicazioni anche per la gestione degli animali.

#### RIASSUNTO

Il cambiamento climatico (CC) rappresenta uno dei problemi di maggiore rilevanza mondiale. L'aumento delle temperature medie, la diminuzione delle precipitazioni, l'aumento degli eventi meteorologici estremi influenzeranno in maniera crescente le produzioni agricole, incluse quelle zootecniche, in molte aree del mondo. La selezione a favore della tolleranza alle condizioni meteorologiche avverse è uno degli strumenti di mitigazione degli effetti dei CC sulle produzioni zootecniche.

Un elemento essenziale è la scelta dei fenotipi. Le variabili fisiologiche sono di difficile misurazione su larga scala, ma la zootecnia di precisione può fornire un grosso aiuto in tal senso, mentre l'uso dei dati produttivi abbinati a variabili ambientali risulta di più facile applicazione anche se i risultati sono fortemente condizionati dai modelli matematico-statistici utilizzati. Data la complessità delle relazioni con altri fenotipi è opportuno che la resistenza alle condizioni climatiche avverse sia inserita in un indice di selezione aggregato con altri caratteri di interesse zootecnico.

La genomica potrà fornire un apporto fondamentale per la comprensione del determinismo genetico della capacità di adattamento ai cambiamenti climatici. In quest'ottica rivestono una grande importanza le razze locali, la cui evoluzione genetica è stata guidata in massima parte dall'adattamento alle condizioni ambientali. L'utilizzo della selezione genomica potrà consentire una velocizzazione del progresso genetico nella selezione a favore della tolleranza delle condizioni climatiche avverse.

#### ABSTRACT

Climate change (CC) is one of the world's major concerns. The rise of average temperatures, decrease of rainfalls, and increase of extreme weather events will affect agriculture, including livestock productions, in many areas of the world. Selection for tolerance to adverse weather conditions is one of the tools to mitigate the effects of CC on livestock production.

An essential element is the choice of phenotypes. Physiological variables are difficult to measure on a large scale, but precision livestock farming can be of great help in this respect. The use of performance data combined with environmental variables is easier to apply, even if the results are strongly influenced by the mathematical-statistical models used. Given the complexity of the relationships with other phenotypes, resistance to adverse climatic conditions should be included in a selection index aggregated with other productive and functional traits.

Genomics will provide a fundamental contribution to the understanding of the genetic determinism of the ability to adapt to climate change. In this context, local breeds are of great importance, as their genetic evolution has been largely driven by adaptation to environmental conditions. The use of genomic selection could speed up genetic progress in selection for tolerance to adverse climatic conditions.

#### BIBLIOGRAFIA

- BERNABUCCI U., RONCHI B., LACETERA N., NARDONE A. (2002): *Markers of oxidative status in plasma and erythrocytes of transition dairy cows during hot season*, «Journal of Dairy Science», 85, pp. 2173-2179.
- BERNABUCCI U., BASIRICÒ L., MORERA P., DIPASQUALE D., VITALI A., PICCIOLI CAPPELLI F., CALAMARI, L. (2015): *Effects of summer season on milk protein fractions in Holstein cows*, «Journal of Dairy Science», 98, pp. 1815-1827.
- BERNABUCCI U., BIFFANI S., BUGGIOTTI L., VITALI A., LACETERA N., NARDONE A. (2014): *The effect of heat stress in Italian Holstein dairy cattle*, «Journal of Dairy Science», 97, pp. 471-486.
- BERRY I.L., SHANKLIN M.D., JOHNSON H.D. (1964): *Dairy shelter design based on milk production decline as affected by temperature and humidity*, «Trans. Am. Soc. Agr. Eng.», 7, pp. 329-331.
- BERTOCCHI L., VITALI A., LACETERA N., VARISCO G., NARDONE A., BERNABUCCI U. (2014): *Seasonal variation in the composition of Holstein cow's milk and temperature-humidity index relationships*, «Animal», 8, pp. 667-674.
- CAROPRESE M., CILIBERTI M.G., DE PALO P., SANTILLO A., SEVI A., ALBENZIO M. (2018): *Glucocorticoid effects on sheep peripheral blood mononuclear cell proliferation and cytokine production under in vitro hyperthermia*, «Journal of Dairy Science», 101, pp. 8544-8551.
- CILIBERTI M.G., ALBENZIO M., INGHESE C., SANTILLO A., MARINO R., SEVI A., CAROPRESE M. (2017): *Peripheral blood mononuclear cell proliferation and cytokine production in sheep as affected by cortisol level and duration of stress*, «Journal of Dairy Science», 100, pp. 750-756.
- COLLIER R.J., RENQUIST B.J., XIAO Y. (2017): *A 100-Year Review: Stress physiology including heat stress*, «Journal of Dairy Science», 100, pp. 10367-10380.
- DIKMEN S., COLE J.B., NULL D.J., HANSEN P.J. (2012): *Heritability of rectal temperature and genetic correlations with production and reproduction traits in dairy cattle*, «Journal of Dairy Science», 95, pp. 3401-3405.
- ELENKOV I.J., CHROUSOS G.P. (1999): *Stress hormones, Th1/Th2 patterns, pro/anti-inflammatory cytokines and susceptibility to disease*, «Trends Endocrinol. Metab.», 10, pp. 359-368.



- FLANAGAN S.W., MOSELEY P.L., BUETTNER G.R. (1998): *Increased flux of free radicals in cells subjected to hyperthermia detected by electron paramagnetic resonance spin trapping*, «FEBS Lett.», 431, pp. 285-286.
- FLORI L., MOAZAMI-GOUDARZI K., ALARY V. ET AL. (2019): *A genomic map of climate adaptation in Mediterranean cattle breeds*, «Molecular Ecology», 28, pp. 1009-1029.
- LECCHI C., ROTA N., VITALI A., CECILIANI F., LACETERA N. (2016): *In vitro assessment of the effects of temperature on phagocytosis, reactive oxygen species production and apoptosis in bovine polymorphonuclear cells*, «Veterinary immunology and immunopathology», 182, pp. 89-94.
- MACCIOTTA N.P.P., BIFFANI S., BERNABUCCI U., LACETERA N., VITALI A., AJMONE-MAR-SAN P., NARDONE A. (2017): *Derivation and genome-wide association study of a principal component-based measure of heat tolerance in dairy cattle*, «Journal of Dairy Science», 100, pp. 4683-4697.
- MURZENOK P.P., NETUKOVA N.I., ZHYTKEVITCH T.I. (1997): *Ultrastructure and functional state of rabbit lymphoid cells after repeated exposure to lipopolysaccharide and external heating*, «Arch. Immunol. Ther. Exp.», 45, pp. 301-305.
- WELLER J.I., EZRA E., GERSHONI M. (2021): *Broad phenotypic impact of the effects of trans-generational heat stress in dairy cattle: a study of four consecutive generations*, «Genetics Selection Evolution», 53, p. 69.
- NARDONE A., RONCHI B., BERNABUCCI U. (2010): *Effects of climate change on animal production and sustainability of livestock systems*, «Livestock Science», 130, pp. 57-69.
- NGUYEN T.T.T., BOWMAN P.J., HAILE-MARIAM M., PRYCE J.E., HAYES B.J. (2016): *Genomic selection for tolerance to heat stress in Australian dairy cattle*, «Journal of Dairy Science», 99, pp. 2849-2862.
- NIGGOL SEO S., MCCARL B.A., MENDELSON R. (2010): *From beef cattle to sheep under global Warming? An analysis of adaptation by livestock species choice in South America*, «Ecological Economics», 69, pp. 2486-2494.
- SAPOLSKY R.M., ROMERO M., MUNCK A.U. (2000): *How do glucocorticoids influence stress responses? Integrating permissive, suppressive, stimulatory, and preparative actions*, «Endocr. Rev.», 21, pp. 55-89.
- SZYLLER J., BIL-LULA I. (2021): *Heat shock proteins and oxidative stress and ischemia/re-perfusion injury and benefits from physical exercises: a review to the current knowledge*, «Oxidative medicine and cellular longevity», Article ID 6678457, pp. 12.
- WEBSTER J.I., TONELLI L., STERNBERG E.M. (2002): *Neuroendocrine regulation of immunity*, «Annu. Rev. Immunol.», 20, pp. 125-163.

LUCA FONTANESI<sup>1</sup>, BRUNO STEFANON<sup>2</sup>, ALESSANDRO BAGNATO<sup>3</sup>,  
EMILIANO LASAGNA<sup>4</sup>, GIUSEPPE PULINA<sup>5</sup>

## Il contributo del miglioramento genetico alla sostenibilità delle produzioni zootecniche

<sup>1</sup> Dipartimento di Scienze e Tecnologie Agro-alimentari, Alma Mater Studiorum Università di Bologna

<sup>2</sup> Dipartimento di Scienze Agroalimentari, Ambientali e Animali, Università degli Studi di Udine

<sup>3</sup> Dipartimento di Medicina Veterinaria, Università degli Studi di Milano

<sup>4</sup> Dipartimento di Scienze Agrarie, Alimentari ed Ambientali, Università degli Studi di Perugia

<sup>5</sup> Dipartimento di Agraria, Università degli Studi di Sassari

### INTRODUZIONE

Secondo la concezione oggi maggiormente condivisa, gli aspetti i) economici, ii) ambientali e iii) sociali rappresentano i tre pilastri della sostenibilità, ciascuno dei quali interdependente dall'altro. Questi tre ambiti si applicano a vari contesti, incluso il sistema delle produzioni animali.

Il miglioramento genetico, partendo dai classici schemi sviluppati da Lush e altri pionieri in questo campo verso la metà del secolo scorso, ha rivoluzionato il settore delle produzioni animali raggiungendo importanti traguardi (Weigel et al., 2017). Ad esempio, la produzione di latte per lattazione di una bovina è più che raddoppiata nell'arco degli ultimi 50-60 anni. Il processo di miglioramento genetico inoltre è il primo anello della catena di produzione degli alimenti e ne influenza in modo importante tutto il processo di filiera. Si può infatti anche sottolineare che la maggior parte delle caratteristiche possedute dagli alimenti di origine animale sono una diretta conseguenza delle caratteristiche biologiche dell'animale. Questi elementi ne determinano la loro composizione organolettica e diverse proprietà intrinseche.

Nella scelta degli animali da utilizzare come riproduttori per ottenere la generazione successiva, il processo di miglioramento genetico permette di identificare e scegliere animali che possiedono le migliori combinazioni per le caratteristiche desiderate. Orienta quindi le caratteristiche biologiche e funzionali che gli animali devono possedere per garantire la sostenibilità delle produzioni. In questo contesto, l'efficienza di trasformazione delle risorse da parte degli animali è uno degli elementi più importanti che definiscono l'im-

patto delle loro produzioni sui tre pilastri della sostenibilità. In modo particolare essa ha un impatto diretto sull'impronta ecologica dell'allevamento zootecnico. Infatti, per produrre latte, carne, uova e altri prodotti, l'efficienza di trasformazione degli alimenti e di utilizzo delle risorse in generale è direttamente legata all'impatto ambientale per unità di prodotto realizzato. A questo concetto che definisce uno degli obiettivi della selezione dei riproduttori, si associano altri aspetti legati alla quantità e qualità delle produzioni. Quest'ultimo elemento è particolarmente rilevante nel contesto italiano in cui molti prodotti di origine animale sono trasformati in prodotti DOP. Infine, oggetto di miglioramento genetico sono le caratteristiche legate agli aspetti funzionali degli animali e al loro benessere in allevamento.

Il progresso che si ottiene nelle popolazioni attraverso il processo di miglioramento genetico è permanente, cumulativo nelle generazioni e diffuso nella popolazione. Il miglioramento genetico può quindi essere considerato il "motore green" delle produzioni animali, in quanto, di per sé, non consuma risorse ma ottimizza il processo di produzione, che avverrebbe comunque, rendendole più efficaci in rapporto ai tre aspetti della sostenibilità. La selezione degli animali è inoltre uno strumento per la salvaguardia della biodiversità delle razze in produzione zootecnica. L'Italia è particolarmente ricca di razze autoctone nelle diverse specie zootecniche, ciascuna delle quali caratterizzata da specifiche combinazioni e frequenze geniche, uniche e irripetibili e capaci di produzioni peculiari in ambienti e sistemi produttivi in cui le varie razze si sono costituite.

La genomica ha permesso di ottimizzare tutto il processo di gestione e miglioramento genetico degli animali in produzione zootecnica e di aprire nuove possibilità selettive. La maggiore efficienza che deriva dalla selezione genomica permette infatti di considerare obiettivi di selezione più difficili da raggiungere come l'efficienza di trasformazione degli alimenti, la resilienza degli animali a insulti ambientali, il benessere animale, la diminuzione dell'impatto ambientale delle produzioni.

#### GENOMICA E MIGLIORAMENTO GENETICO: INNOVAZIONI PER LA SOSTENIBILITÀ

La genomica si occupa dello studio dei genomi di tutti gli organismi viventi, sia per decifrarne la struttura che per definirne la funzione. L'esplosione della genomica si è avuta con l'avvento delle nuove tecnologie di sequenziamento del DNA, le così dette tecnologie di *next generation sequencing* (NGS). La genomica ha rivoluzionato le basi su cui si fonda il processo di miglioramento genetico animale e la gestione della variabilità genetica, ossia la biodiversità, delle diverse razze allevate.

Sequenziare il genoma di una specie significa costruire un genoma di riferimento attraverso un processo di assemblaggio delle sequenze (in genere piccole) ottenute con le tecnologie di sequenziamento a disposizione. Il genoma di riferimento può essere definito come una bozza che dovrà poi essere rifinita e migliorata. Anche per le diverse specie di animali di interesse zootecnico sono state ottenute più versioni del genoma di riferimento, ciascuna delle quali migliora la precedente versione. In tabella 1 sono riportate le caratteristiche dell'ultima versione attualmente disponibile del genoma di riferimento nelle principali specie di interesse zootecnico. Queste risorse sono pubbliche e disponibili sia sul portale NCBI (<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/>) che su quello di EBI (<https://www.ensembl.org/index.html>). Disporre di un genoma di riferimento accurato è fondamentale perché tutte le interpretazioni e applicazioni che ne derivano sono funzione della sua accuratezza.

SPECIE	NOME DELLA VERSIONE	DATA DI RILASCIO	NUMERO DI CONTIGS	CONTIG N°50 (MB)	TOTALE (GB)	NUMERO DI GENI
Suino ( <i>Sus scrofa</i> )	Sscrofa11.1	Febbraio 2017	1.118	48,2	2,5	21.303
Capra ( <i>Capra hircus</i> )	ARS1	Agosto 2016	30.399	26,2	2,9	21.361
Bovino ( <i>Bos taurus</i> )	ARS-UCD1.2	Aprile 2018	2.597	25,9	2,7	21.800
Pollo ( <i>Gallus gallus</i> )	GRCg6a	Marzo 2018	1.402	17,6	1,1	16.878
Pecora ( <i>Ovis aries</i> )	Oar_rambouillet_V1.0	Novembre 2017	7.485	2,6	2,9	20.506
Coniglio ( <i>Oryctolagus cuniculus</i> )	OryCun2.0	Novembre 2009	84.024	0,065	2,7	20.612
Cavallo ( <i>Equus caballus</i> )	EquCab3.0	Dicembre 2018	10.987	1,5	2,5	20.955

Tab. 1 Le caratteristiche dell'ultima versione del genoma di riferimento di alcune specie

La genomica fa uso degli strumenti di *high throughput genotyping* che permettono di ottenere il genotipo di un animale in decine di migliaia di posizioni polimorfiche distribuite sul genoma, e a costi oggi molto contenuti (circa 20-25 Euro per 50/100 mila marcatori). La conoscenza del genotipo su un numero così grande di polimorfismi sparsi sul genoma permette di analizzare le differenze nel DNA di soggetti diversi entro la stessa specie e di associarle a differenze fenotipiche. Questi strumenti di genotipizzazione genomica, i chip SNP, sono stati sviluppati sulla base delle informazioni derivate dal sequenzia-

mento del genoma delle diverse specie di interesse zootecnico. Ad oggi sono stati sviluppati diversi pannelli commerciali di SNP in diverse specie. Come esempio, la tabella 2 riporta alcuni di questi pannelli disegnati per l'analisi del genoma suino e bovino. Considerando il costo relativamente basso di questi strumenti utilizzabili per la genotipizzazione, è stato possibile sviluppare varie applicazioni per ottenere informazioni utili non solo dal punto di vista scientifico ma anche dal punto di vista pratico.

NOME DEL PANNELLO	NUMERO DI SNPS	FORNITORE	TECNOLOGIA
PorcineSNP60 BeadChip v2 array	61.565	Illumina	Illumina Infinium chemistry
GeneSeek Genomic Profiler for Porcine LD (GGP-Porcine LD)	10.241	GeneSeek/Neogen <sup>1</sup>	Illumina Infinium chemistry
GeneSeek Genomic Profiler for Porcine HD (GGP-Porcine HD)	68.528	GeneSeek/Neogen <sup>1</sup>	Illumina Infinium chemistry
Axiom® Genome-Wide Pig genotyping Array (High Density panel)	~650.000	Affymetrix	Axiom assay
GeneSeek Genomic Profiler Bovine 100K	~100.000	Illumina/Neogen	Illumina Infinium chemistry
Weatherbys Scientific Bovine VersaSNP 50K	49,629	Illumina/Weatherbys Scientific	Illumina Infinium chemistry
BovineHD Genotyping BeadChip	~777.000	Illumina	Illumina Infinium chemistry

Tab. 2 *Alcuni pannelli commerciali di SNP utilizzabili per la genotipizzazione dei suini e dei bovini*

Varie metodologie di elaborazione dei dati che utilizzano la variabilità a livello del DNA (sia dati di sequenziamento che dati di genotyping) permettono di estrarre specifiche informazioni su particolari regioni genomiche. Ad esempio, il confronto, su tutto il genoma, fra il livello di variabilità presente in una popolazione rispetto a un'altra popolazione permette di identificare regioni sottoposte a selezione divergente (Strillacci et al., 2018, 2020; Bovo et al., 2020). L'approccio  $F_{ST}$ -outlier e l'identificazione delle regioni in omozigosi mediante l'analisi dei così detti *Run Of Homozygosity* (ROH) sono le metodologie utilizzate più frequentemente in questo contesto per confrontare il genoma di diverse razze e identificare le regioni che contengono varianti che permettono di distinguerle. Queste regioni descrivono le caratteristiche

genetiche, spesso uniche, che legano le razze ai sistemi produttivi in cui hanno avuto origine e che ne definiscono gli aspetti di sostenibilità.

Per riuscire però ad associare una particolare funzione a una specifica regione genomica e quindi poi a un gene e alla variabilità in quel gene è necessario avere a disposizione fenotipi misurati sugli animali. Per rispondere alle sfide del cambiamento climatico è necessario registrare nuovi fenotipi legati a due aspetti principali: a) la capacità di adattamento degli animali alle nuove condizioni climatiche; b) la mitigazione mediante la riduzione delle emissioni di gas clima-alteranti (Fontanesi, 2016). Gli approcci di *genome wide association*, che uniscono questi due elementi, cioè fenotipi e genotipi, hanno permesso di descrivere dal punto di vista genetico molte caratteristiche che definiscono la sostenibilità delle produzioni animali. L'elenco delle mutazioni identificate in molte specie e che determinano maggiore resistenza alle malattie, adattamento all'ambiente produttivo, qualità dei prodotti ed efficienza produttiva è già particolarmente lungo e, altri studi in futuro, aggiungeranno sicuramente altri elementi a questa lista. Alcuni esempi sono riportati in tabella 3.

SPECIE	GENE/MARCATORE	MALATTIA	AGENTE INFETTIVO/
Suino	<i>MUC4</i>	Diarrea neonatale	<i>Escherichia coli</i> enterotossigeno (ETEC) con fimbria F4 (K88)
Suino	<i>GBP5</i> /WUR10000125	PRRS	Porcine reproductive respiratory syndrome virus (PRRSV)
Pecora	PrP	Scrapie	Prione
Capra	PrP	Scrapie	Prione

Tab. 3 Alcuni esempi dell'utilizzo delle informazioni genomiche per il miglioramento della resistenza a malattie negli animali di interesse zootecnico o a patologie ereditarie

Alcuni geni maggiori sono oggi utilizzati in piani di selezione assistita da marcatori, in particolare dove altri approcci sono meno efficaci o non praticabili. L'inserimento di queste informazioni in piani di selezione genomica, inoltre, può permettere di raggiungere prima gli obiettivi della selezione per molti aspetti legati alla sostenibilità.

La selezione genomica rappresenta la nuova frontiera del miglioramento genetico ormai da una decina d'anni. Teorizzata molto prima dell'avvento delle tecnologie avanzate di sequenze e dei chip SNP (Meuwissen et al., 2001), si basa sul principio di poter analizzare con un chip SNP cosa è stato trasmesso a livello genetico dai genitori a un nuovo nato, assegnandogli inoltre un valore genetico per i diversi caratteri sotto selezione in base a questa informazione. Analizzando il genoma di un vitello maschio di una razza da latte, ad esempio,

è possibile prevedere il suo valore genetico a un mese di età potendo quindi identificare immediatamente quali animali destinare alla riproduzione. Si evita quindi il lungo processo di valutazione genetica legato al progeny-test che richiedeva più di 5 anni di tempo e un grosso investimento economico. Il vantaggio è evidente in quanto si riescono a ottenere valutazioni attendibili dei torelli ancora prima che possano essere utilizzabili come riproduttori. I vantaggi che la selezione genomica apporta sono evidenti per la maggior parte dei caratteri, inclusi quelli a bassa ereditabilità, di difficile misurazione o non rilevabili su molti animali quali la resistenza alle malattie, l'efficienza riproduttiva, il comportamento e molti altri (Samorè e Fontanesi, 2016; Weigel et al., 2018). La selezione genomica rappresenta quindi un importante strumento che abbiamo a disposizione per la selezione indirizzata all'aumento della sostenibilità delle produzioni animali. Ad oggi, ad esempio, la selezione per l'efficienza di trasformazione alimentare è diventata una realtà anche nei bovini da latte dove è difficoltoso e costoso misurare il fenotipo e associarlo alla variabilità genetica (De Haas et al., 2015).

L'applicazione della genomica permette anche di migliorare la gestione e conservazione delle popolazioni zootecniche. La consanguineità è un indicatore molto importante della variabilità genetica della popolazione. Un aumento eccessivo della consanguineità può avere effetti indesiderati sia perché fa emergere patologie ereditarie recessive sia perché può avere un impatto negativo sull'efficienza delle produzioni (depressione da consanguineità). I piani di miglioramento genetico, selezionando preferenzialmente i riproduttori entro famiglia, generano inevitabilmente un incremento di consanguineità, che è necessario gestire sia a livello aziendale sia sull'intera popolazione. Le analisi genomiche permettono di calcolare indicatori di consanguineità molto più accurati e utili rispetto a quelli stimati con i soli dati genealogici. Lo strumento genomico fotografa, infatti, la reale consanguineità presente nella popolazione ed è in grado di distinguere se i tratti genomici in omozigosi (ROH) sono di recente formazione (ultime 3/5 generazioni) o derivano da regioni sotto selezione da molte generazioni nella popolazione (Schiavo et al., 2021).

Un altro aspetto della sostenibilità delle produzioni animali riguarda la possibilità di difenderle da eventuali frodi commerciali (Fontanesi, 2009). L'analisi del genoma degli animali di alcune razze ha permesso di identificare polimorfismi del DNA utilizzabili per l'autenticazione e per la tracciabilità delle produzioni monorazza che rappresentano un importante volano per la sostenibilità economica di filiere produttive basate su razze autoctone, in genere meno produttive rispetto a razze cosmopolite.

## SCENARI FUTURI E OBIETTIVI DELLA SELEZIONE

I nuovi obiettivi di selezione che emergono nel contesto della sostenibilità delle produzioni sono principalmente rivolti ad aumentare l'efficienza produttiva e la resilienza degli animali in produzione zootecnica. Le misure fenotipiche oggi considerate per la selezione verso questi obiettivi sono principalmente l'efficienza di trasformazione alimentare e l'incidenza di patologie in allevamento (DeHaas et al., 2015; Freebern et al., 2020).

L'aumento dell'efficienza di produzione per capo allevato è sicuramente il più importante fattore di riduzione dell'impatto ambientale degli allevamenti. Ciò è dovuto a due componenti: i) la maggiore efficienza nella trasformazione dei fattori della produzione, alimenti *in primis*, che ripartisce le emissioni "fisse" (dovute al mantenimento dei capi in produzione, della rimonta e dei maschi in riproduzione) su una maggiore quantità di prodotto riducendone di conseguenza l'*ecological footprint* per unità; ii) a parità di produzione complessiva, la maggiore produzione per capo, che determina la riduzione degli impatti complessivi delle filiere grazie alla sommatoria di minori impatti unitari. Vi è inoltre un'altra componente indiretta rappresentata, sempre a parità di produzione, dalla riduzione dei capi allevati e del conseguente consumo di alimenti che comporta la "liberazione" di aree che possono essere destinate alla rinaturalizzazione e, pertanto, all'erogazione di servizi ecosistemici, fra i quali il sequestro di carbonio, il ciclo dell'acqua e la protezione della biodiversità (Balmoford et al., 2018).

Nel caso della produzione di latte nella specie bovina, il progresso ottenuto in Italia dal 1990 al 2018 ha consentito di ridurre le emissioni complessive di CO<sub>2</sub>eq del 31%, quelle di azoto del 25% e di fosforo del 24% (Pulina et al., 2020). In un campione di 282 allevamenti Atzori et al. (2013) hanno stimato una *Carbonfootprint* (CFP) unitaria di oltre 5 kg di CO<sub>2</sub>eq per allevamenti con produzioni inferiori ai 2000 litri per capo a circa 1 kg di CO<sub>2</sub>eq per aziende con livelli produttivi medi intorno a 11000 litri per capo. Per i suini del tipo pesante italiano, Bava et al. (2017) hanno calcolato una riduzione della CFP e di altri parametri di impatto legato all'aumento del peso vivo macellato per scrofa (parametro legato alla prolificità e alla sopravvivenza peri e neonatale). Per i bovini da carne, Capper (2011) ha stimato una riduzione di tutti i parametri di impatto dell'allevamento USA in 40 anni. Nel caso degli ovini da latte, invece, il livello produttivo sembra influenzare meno la CFP per la nota interferenza con il sistema di allevamento (bassa produttività, al brado; alta produttività, confinato), ma per le emissioni azotate il trend registrato nelle altre specie zootecniche sembra confermato (Sabia et al., 2020).

Date queste importanti premesse ne consegue che un programma di miglioramento genetico che ha come obiettivo di aumentare l'efficienza produt-



tiva coglie due importanti aspetti della sostenibilità: l'aspetto economico che necessariamente deve considerare la redditività degli allevamenti e al contempo anche l'aspetto ambientale con la riduzione delle emissioni gas-alteranti pur aumentando il livello produttivo. Si parla di intensificazione responsabile quando gli aspetti economici si uniscono agli altri due aspetti della sostenibilità. L'aspetto sociale della sostenibilità può comprendere il concetto di One Health, che pone enfasi sulla salute degli animali in un contesto di salute umana e ambientale. Il miglioramento genetico si pone come obiettivo il miglioramento della salute degli animali, per quanto concerne gli aspetti genetici degli animali stessi. Da una parte la salute degli animali consente di ridurre le loro perdite in allevamento e aumentare l'efficienza, dall'altra il controllo delle malattie infettive riduce i rischi per la salute umana e il ricorso a farmaci, responsabili della resistenza agli antimicrobici (AMR). Indubbiamente, la gestione e le tecniche di allevamento contribuiscono in larga misura alla riduzione delle malattie degli animali da reddito. Tuttavia, in questo ambito la componente genetica gioca un ruolo fondamentale. L'interesse per la selezione di caratteri funzionali ha assunto un interesse oramai quasi prevalente rispetto a quelli produttivi e lo studio dell'ereditabilità della resistenza alle malattie e dell'adattamento ai cambiamenti climatici e della resilienza più in generale costituisce un ambito di ricerca molto florido per le specie di interesse zootecnico.

La criticità per la selezione di questi caratteri risiede nella raccolta dei dati fenotipici, non sempre di semplice rilevazione e per i quali, a volte, non sono ancora disponibili protocolli univoci. Lo stress da caldo, ad esempio, comporta un'alterazione della risposta immunitaria e delle funzioni cellulari e le proteine di fase acuta nel sangue sono utilizzate come biomarcatori di questa condizione (Wottlin et al., 2020). Anche i tempi di riposo e altri parametri correlati sono utilizzati come indicatori di stress da caldo nei ruminanti in quanto sono correlati all'indice temperatura umidità (Temperature Humidity Index, THI) (Leliveld e Provolo 2020). Altri indicatori di stress da caldo sono la temperatura rettale, la frequenza respiratoria e l'ingestione di sostanza secca (Galan et al., 2018).

L'implementazione e la diffusione di tecniche di allevamento di precisione (*livestock precision farming*) consente di raccogliere molti dati utili anche per scopi selettivi e rappresenta uno degli obiettivi da perseguire (Silva et al., 2021).

Nuovi biomarcatori includono quindi caratteri misurabili come indicatori di infezioni in corso o di risposta dell'animale agli stressori ambientali. Fra questi, la composizione del microbioma ruminale viene considerato un marcatore per lo studio delle interazioni fra il genotipo dell'ospite e gli effetti ambientali (Koning e May, 2019).

## CONCLUSIONI

Il miglioramento genetico è il principale strumento di sostenibilità delle produzioni zootecniche. È il motore a “zero emissioni” che garantisce un progresso permanente, cumulativo nelle generazioni e diffuso nella popolazione che, grazie alle innovazioni introdotte dalla genomica ha migliorato ulteriormente la sua efficienza. L'applicazione della genomica, combinata a nuovi fenotipi, avrà sempre più un impatto decisivo sull'implementazione del miglioramento genetico al fine di raggiungere gli obiettivi che i cambiamenti ambientali, climatici, economici e sociali impongono al settore delle produzioni animali.

## RIASSUNTO

Il concetto di sostenibilità, nella sua visione più generale e dinamica, comprende la dimensione ambientale, economica e sociale e, se applicato alle produzioni zootecniche, trova le basi fondamentali nel miglioramento genetico animale. Il processo di miglioramento genetico è lo strumento che permette di incidere direttamente sulla biologia degli animali delle generazioni future attraverso la riproduzione: il pool genetico dei nuovi nati è infatti determinato dalla scelta dei genitori come riproduttori. Gli animali scelti come riproduttori rispondono infatti in modo appropriato agli obiettivi di selezione di una razza per un suo sviluppo sostenibile nei diversi ambienti e sistemi produttivi. Massimizzare e ottimizzare la capacità produttiva degli animali in produzione zootecnica sono già, e continueranno a essere, gli obiettivi principali dei programmi di selezione in tutte le principali specie di interesse zootecnico: l'aumento dell'efficienza produttiva è infatti il più importante fattore di riduzione dell'impatto ambientale degli allevamenti. Inoltre, insieme ai diversi aspetti qualitativi delle produzioni, esso è alla base della sostenibilità economica della produzione di alimenti di origine animale. La genomica in campo agro-zootecnico rappresenta una innovazione tecnologica di precisione che ha determinato un cambio di paradigma nel processo di miglioramento genetico: ha infatti permesso un importante aumento nell'efficienza della selezione dei riproduttori e nel mantenimento della biodiversità nelle specie animali permettendo di rispondere in modo adeguato ai mutevoli scenari ambientali, economici e sociali.

## ABSTRACT

*The role of animal breeding and selection in sustainability of livestock farming.* The concept of sustainability, in its general and dynamic vision, includes the environmental, economic and social dimensions and, if applied to livestock production, finds its fundamental basis in animal genetic improvement. Genetic improvement represents the tool for managing populations directly, affecting the biology of animals of future generations: the gene pool of the newborn individuals is in fact determined by the choice of the sire and dam. The parental animals are chosen as reproducers to appropriately meet the requirements for a

sustainable development. Maximizing the production capacity of livestock will be, also in the future, the main objective of genetic improvement in all the main animal species involved in food production. Indeed, increasing production efficiency is the most important factor in reducing the environmental impact of farms. Furthermore, together with the various qualitative aspects of food production, this aspect is fundamental for the economic sustainability of animal farming. Agro-Genomics represents nowadays a technological innovation that has led to a paradigm change in the process of genetic improvement: it has, in fact, determined an important increase in the efficiency of animal selection and in the maintenance of biodiversity in animal species, allowing as such to respond to changing environmental, economic and social scenarios.

#### BIBLIOGRAFIA

- ATZORI A.S., TEDESCHI L.O., CANNAS A. (2013): *A multivariate and stochastic approach to identify key variables to rank dairy farms on profitability*, «Journal of Dairy Science», 96, pp. 3378-3387.
- BALMFORD A., AMANO T. ET AL. (2018): *The environmental costs and benefits of high-yielding farms*, «Nature Sustainability», 1, pp. 477-485.
- BAVA L., ZUCALI M., SANDRUCCI A., TAMBURINI A. (2017): *Environmental impact of the typical heavy pig production in Italy*, «Journal of Cleaner Production», 140, pp. 685-691.
- BOVO S., RIBANI A., MUÑOZ M., ALVES E., ARAUJO J.P., BOZZI R., CANDEK-POTOKAR M., CHARNECA R., DI PALMA F., ETHERINGTON G., FERNANDEZ A.I., GARCÍA F., GARCÍA-CASCO J., KAROLYI D., GALLO M., MARGETA V., MARTINS J.M., MERCAT M.J., MOSCATELLI G., NÚÑEZ Y., QUINTANILLA R., RADOVIĆ Č., RAZMAITE V., RIQUET J., SAVIĆ R., SCHIAVO G., USAI G., UTZERI V.J., ZIMMER C., OVILO C., FONTANESI L. (2020): *Whole-genome sequencing of European autochthonous and commercial pig breeds allows the detection of signatures of selection for adaptation of genetic resources to different breeding and production systems*, «Genetics Selection Evolution», 52, p. 33.
- CAPPER J.L. (2011): *The environmental impact of beef production in the United States: 1977 compared with 2007*, «Journal of Animal Science», 89, pp. 4249-4261.
- DE HAAS Y., PRYCE J.E., CALUS M.P.L., WALL E., BERRY D.P., LØVENDAHL P., KRATTENMACHER N., MIGLIOR F., WEIGEL K., SPURLOCK D. (2015): *Genomic prediction of dry matter intake in dairy cattle from an international data set consisting of research herds in Europe, North America, and Australasia*, «Journal of Dairy Science», 98, pp. 6522-6534.
- FONTANESI L. (2009): *Genetic authentication and traceability of food products of animal origin: new developments and perspectives*, «Italian Journal of Animal Science», 8 (suppl. 2), pp. 9-18.
- FONTANESI L. (2016): *Metabolomics and livestock genomics: Insights into a phenotyping frontier and its applications in animal breeding*, «Animal Frontiers», 6, pp. 73-79.
- FREEBERN E., SANTOS D.J.A., FANG L., JIANG J., GADDIS K.L.P., LIU G.E., VAN-RADEN P.M., MALTECCA C., COLE J.B., MA L. (2020): *GWAS and fine-mapping of livability and six disease traits in Holstein cattle*, «BMC Genomics», 21, pp. 1-11.
- GALAN E., LLONCH P., VILLAGRÁ A., LEVIT H., PINTO S., DEL PRADO A. (2018): *A systematic review of non-productivity-related animal-based indicators of heat stress resilience in dairy cattle*, «PLoS One», 13, e0206520.

- KÖNIG S.K., MAY K. (2019): *Invited review: Phenotyping strategies and quantitative-genetic background of resistance, tolerance and resilience associated traits in dairy cattle*, «Animal», 13, pp. 897-908.
- LELIVELD L., PROVOLO G. (2020): *A review of welfare indicators of indoor-housed dairy cow as a basis for integrated automatic welfare assessment systems*, «Animals», 10, 1430.
- MEUWISSEN T.H.E., HAYES B.J., GODDARD M.E. (2001): *Prediction of total genetic value using genome-wide dense marker maps*, «Genetics», 157, pp. 1819-1829.
- PULINA G., TONDO A., DANIELI P.P., PRIMI R., CROVETTO G.M., FANTINI A., MACCIOTTA N.P.P., ATZORI A.S. (2020): *How to manage cows yielding 20,000 kg of milk: Technical challenges and environmental implications*, «Italian Journal of Animal Science», 19, pp. 865-879.
- SABIA E., GAULY M., NAPOLITANO F., SERRAPICA F., CIFUNI G.F., CLAPS S. (2020): *Dairy sheep carbon footprint and ReCiPe end-point study*, «Small Ruminant Research», 185, 106085.
- SAMORÈ A.B., FONTANESI L. (2016): *Genomic selection in pigs: state of the art and perspectives*, «Italian Journal of Animal Science», 15, pp. 211-232.
- SCHIAVO G., BOVO S., MUÑOZ M., RIBANI A., ALVES E., ARAÚJO J.P., BOZZI R., ČANDEK-POTOKAR M., CHARNECA R., FERNANDEZ A.I., GALLO M., GARCÍA F., KAROLYI D., KUŠEC G., MARTINS J.M., MERCAT M.J., NÚÑEZ Y., QUINTANILLA R., RADOVIĆ Č., RAZMAITE V., RIQUET J., SAVIĆ R., USAI G., UTZERI V.J., ZIMMER C., OVILO C., FONTANESI L. (2021): *Runs of homozygosity provide a genome landscape picture of inbreeding and genetic history of European autochthonous and commercial pig breeds*, «Animal Genetics», 52, pp. 155-170.
- SILVA F.F., MOROTA G., ROSA G.J.M. (2021): *Editorial: High-Throughput Phenotyping in the Genomic Improvement of Livestock*, «Frontiers in Genetics», 12, 707343.
- STRILLACCI M.G., GORLA E., COZZI M.C., VEVEY M., GENOVA F., SCIENSK, K., LONGERI M., BAGNATO A. (2018): *A copy number variant scan in the autochthonous Valdostana Red Pied cattle breed and comparison with specialized dairy populations*, «PLoS One», 13, 0204669.
- STRILLACCI M.G., VEVEY M., BLANCHET V., MANTOVANI R., SARTORI C., BAGNATO A. (2020): *The genomic variation in the Aosta cattle breeds raised in an extensive Alpine farming system*, «Animals», 10, 2385.
- WEIGEL K.A., VANRADEN P.M., NORMAN H.D., GROSU H. (2017): *A 100-Year Review: Methods and impact of genetic selection in dairy cattle-From daughter-dam comparisons to deep learning algorithms*, «Journal of Dairy Science», 100, pp. 10234-10250.
- WEIGEL K.A., SHOOK G. (2018): *Genetic selection for mastitis resistance*, «Vet Clin Food Anim.», 34, pp. 457-472.
- WOTTLIN L.R., CARSTENS G.E., KAYSER W.C., PINCHAK W.E., THOMSON J.M., COPIÉ V., O'SHEA-STONE G.P. (2021): *Differential haptoglobin responsiveness to a Mannheimia haemolytica challenge altered immunologic, physiologic, and behavior responses in beef steers*, «Journal of Animal Science», 99, skaa404.

ANDREA SUMMER<sup>1</sup>, PAOLA DI GREGORIO<sup>2</sup>, DONATA MARLETTA<sup>3</sup>,  
MARCELLO MELE<sup>4</sup>

## Qualità e valore nutrizionale delle produzioni zootecniche: dove e come può incidere il miglioramento genetico

<sup>1</sup> Dipartimento di Scienze Medico-Veterinarie, Università di Parma

<sup>2</sup> Scuola di Scienze Agrarie, Forestali, Ambientali ed Alimentari, Università della Basilicata

<sup>3</sup> Dipartimento di Agricoltura, Alimentazione e Ambiente, Università di Catania

<sup>4</sup> Dipartimento Scienze Agrarie, Alimentari, Agro-ambientali, Università di Pisa

Il mercato dei prodotti alimentari deve fare i conti con una platea di consumatori sempre più consapevole ed esigente che richiede prodotti di qualità per quanto riguarda sia la sicurezza sanitaria che le qualità nutrizionali e organolettiche. Negli ultimi 50 anni, il sequenziamento di interi genomi e l'individuazione di marcatori associati e/o mutazioni in geni responsabili di caratteri di interesse zootecnico hanno permesso di ottenere notevoli miglioramenti nella produzione sia quantitativa che qualitativa di prodotti quali latte, carne, uova. Di seguito si prenderanno in considerazione alcuni esempi di mutazioni (polimorfismi = differenze a livello di DNA che, in alcuni casi, determinano la presenza di due o più forme alleliche della proteina codificata dal gene) in geni a effetto maggiore che incidono in modo apprezzabile sulla manifestazione di un carattere e di conseguenza sulla qualità e sul valore nutrizionale delle produzioni zootecniche.

### LA PRODUZIONE DELLA CARNE

Le qualità tecnologiche e sensoriali della carne dipendono dalla composizione chimica dei muscoli alla macellazione (valore nutrizionale di grasso, carboidrati e proteine) e da cambiamenti metabolici e biochimici che si verificano durante la macellazione e il successivo periodo di frollatura.

Il gene RYR1 è coinvolto nella regolazione del canale di rilascio del Ca<sup>2+</sup> del reticolo sarcoplasmatico del muscolo scheletrico. È un gene autosomico recessivo a penetranza incompleta e presenta influenza diretta sulle qualità organolettiche e tecnologiche della carne suina. Tra le altre mutazioni una

(C>T al 49° nucleotide del 17° esone) (Fujii et al., 1991) è associata a una maggiore resa alla macellazione e alla maggiore percentuale di tagli magri, ma questi caratteri desiderabili sono controbilanciati da effetti negativi sul colore e sul WHC (Water Holding Capacity) della carne e dalla alta suscettibilità di questi soggetti allo stress (PSS = Porcine Stress Syndrome), con conseguente insorgenza dell'ipertemia maligna (MH = Malignant Hyperthermia, contrazione prolungata dei muscoli scheletri, ipermetabolismo, aumento della temperatura corporea e, se non si interviene, morte dell'animale). In questo caso alla macellazione si ha un aumento della glicolisi post-mortem che determina un abbassamento del pH, associato a una maggiore riflettanza (carne pallida) e alla degradazione delle proteine sarcoplasmatiche (carne soffice ed essudativa), miopatia che va sotto il nome di carne PSE (Pale Soft Exudative). Questa miopatia risulta avere effetti negativi sia sulla qualità della carne fresca (aspetto non gradevole, maggiori perdite di sgocciolamento e di cottura, carne più stopposa) sia sulle caratteristiche dei prodotti trasformati (minor resa in prosciutto cotto, maggior calo di stagionatura, sapore più salato, difetti di colore): Nel complesso, la carne è meno attraente per il consumatore e non idonea alla trasformazione (Monin 1985; Fernandez et al., 2002). L'identificazione della mutazione causativa di queste caratteristiche e la messa a punto di un test diagnostico veloce ed economico hanno permesso di eliminare o diminuire la frequenza dell'insorgenza dei difetti sopra descritti in razze cosmopolite in cui la selezione per tagli magri aveva visto la diffusione dell'allele T e quindi di PSS, PSE e MH. Un esempio: nella razza Pietrain si è passati dal 70% (O'Brien et al., 1998) al 2.9% (Ilie et al., 2014).

La tenerezza della carne ha un notevole peso nei criteri di scelta dei consumatori. Anche in questo caso l'individuazione di marcatori genetici può assistere nella selezione di riproduttori con la migliore performance del carattere tenerezza. Marcatori per la tenerezza sono stati evidenziati nel complesso enzimatico calpaina-calpastatina (Koohmaraie et al., 2002). Il sistema calpaina comprende un certo numero di proteine, le più studiate nei bovini sono tre proteasi calcio-dipendenti,  $\mu$ -calpaina (gene CAPN1), m-calpaina (gene CAPN2) e l'isoforma p94 (gene CAPN3), e la calpastatina (gene CAST) il cui unico ruolo a oggi conosciuto è l'inibizione delle calpaine. Questo sistema enzimatico svolge un ruolo essenziale nella proteolisi post-mortem delle proteine dei muscoli scheletrici influenzando la tenerezza della carne.

Ai loci CAPN1, CAPN3 e CAST sono stati individuati polimorfismi associati con una maggiore tenerezza. Questi polimorfismi determinerebbero un'alterazione dell'attività enzimatica che si riflette sul tasso o sul livello di proteolisi post-mortem nei muscoli scheletrici (Natras et al., 2014). Combinazioni di alleli favorevoli ai loci CAPN1, CAPN3 e CAST hanno mostrato

effetti additivi sul miglioramento della tenerezza in bovini Brahman (Robinson et al., 2012) e potranno essere sfruttati a fini selettivi.

#### LA PRODUZIONE DEL LATTE

Il latte è fonte di proteine, grassi, carboidrati, sali minerali.

Le proteine del latte sono solitamente divise in due grandi gruppi, a seconda del loro comportamento dopo acidificazione a pH 4,6. La frazione insolubile, denominata caseina (Cn), rappresenta circa l'80% delle proteine del latte bovino e comprende quattro frazioni principali:  $\alpha_{s1}$ -Cn,  $\alpha_{s2}$ -Cn,  $\beta$ -Cn e k-Cn; la frazione solubile a pH 4,6, invece, è denominata sieroproteina ed è costituita da diverse proteine, le più importanti delle quali sono la  $\alpha$ -lattalbumina ( $\alpha$ -La) e la  $\beta$ -lattoglobulina ( $\beta$ -Lg). Ogni frazione caseinica e ogni sieroproteina presenta diverse varianti, dovute al polimorfismo genetico, con diverso effetto sulle proprietà tecnologiche e nutrizionali del latte. La selezione per una specifica variante di una proteina ha quindi una valida applicazione pratica per migliorare le caratteristiche del latte.

#### *Influenza delle varianti della k-caseina sulla qualità casearia del latte*

La k-caseina rappresenta circa il 13% delle caseine ed è costituita da una catena polipeptidica di 169 aminoacidi. Sono state individuate almeno 11 varianti di cui le più frequenti sono A e B. La k-caseina di tipo B contiene una maggiore quantità di k-caseina, rispetto al tipo A. Ciò comporta la presenza di micelle di dimensioni più piccole e uniformi (Walsh et al., 1998a) che hanno effetto positivo sui parametri di coagulazione del latte dal quale si ottengono cagliate più consistenti, che spurgano meglio, e presentano una maggiore resa per minori perdite di grasso e proteina nel siero.

In termini di rendimento della caseificazione, le differenze sono sostanziali e sono state riscontrate nella produzione di vari tipi di formaggi. Vacche con genotipo BB al locus della k-caseina producono latte che ha una maggiore resa in formaggio Parmigiano-Reggiano (7,07 BB *vs* 6,47% AA; +6 kg di formaggio per 1.000 kg di latte) (Mariani et al., 1976), una maggiore resa in formaggio Cheddar (9,91 BB *vs* 9,36% AA; +5,5 kg di formaggio per 1000 kg di latte) (FitzGerald et al., 1998), una maggiore resa in Mozzarella (10,05 BB *vs* 9,23% AA; +8,2 kg di formaggio per 1000 kg di latte) (Walsh et al., 1998b). Inoltre il tipo di k-caseina influenza anche la qualità del formaggio, con una resa commerciale più alta in presenza dell'allele B (Mariani e Summer, 1999).



Negli ultimi 15 anni nella razza Frisone italiana è stata effettuata una selezione spinta per la k-caseina B che ha visto un forte aumento dei tori di genotipo BB. Infatti, se nel 2005 tra i tori TOP 50 per PFT c'erano solo 1 omozigote BB e 17 eterozigoti AB, nel 2020 i tori omozigoti BB erano ben 6 e gli eterozigoti AB 25. Inoltre, il nuovo indice di selezione ICS PR, Indice Caseificazione Sostenibilità Parmigiano Reggiano, che si basa sulla stima dei costi e dei ricavi medi per lattazione nell'intera carriera produttiva della bovina, prevede un'importante premialità per la presenza dell'allele B di k-caseina (0,10 € / giorno e 0,05 € / giorno di vita per figlie di toro k-caseina BB e AB, rispettivamente).

### *Influenza delle varianti della $\beta$ -caseina sulla salute umana*

La  $\beta$ -caseina, costituita da 209 residui amminoacidici, è la caseina più idrofobica e rappresenta il 35% delle caseine totali (Holt et al., 2013). La  $\beta$ -caseina presenta un alto grado di polimorfismo: ad oggi sono state scoperte 12 varianti genetiche di cui le varianti A1 e A2 sono le più diffuse nella popolazione bovina mondiale e la loro frequenza, e quindi la loro quantità relativa nel latte di massa, dipende dalla razza. Per esempio, gli alleli A1 e A2 sono presenti all'incirca con la stessa frequenza nella razza Holstein-Friesian. Questi due alleli si differenziano per una transversione C>A nel secondo nucleotide del codone CCT (A2) *vs* CAT (A1) cui corrisponde la sostituzione di un residuo di prolina (Pro) (variante A2) con un residuo di istidina (His) (variante A1) in posizione 67 della sequenza proteica matura (Parashar e Saini, 2015). In base alla sequenza amminoacidica della  $\beta$ -Cn, il latte bovino può essere classificato di tipo A1 "like", contenente varianti genetiche della  $\beta$ -Cn con His in posizione 67, e latte di tipo A2 "like", contenente varianti con la Pro nella stessa posizione.

Nella variante A2 il legame peptidico Ile66-Pro67 risulta più resistente alla scissione enzimatica rispetto al legame Ile66-His67 presente nella variante A1. In quest'ultimo caso, la reazione enzimatica determina il rilascio del peptide  $\beta$ -Cn f(60-66), denominato  $\beta$ -casomorfina 7 (BCM7). È stato dimostrato che BCM7 svolge il ruolo di oppioide-agonista per i recettori  $\mu$ . Alcuni studi hanno fornito risultati sul potenziale impatto della  $\beta$ -Cn A1 e del peptide BCM7 sulla salute. Questi studi hanno evidenziato una relazione tra il consumo di  $\beta$ -Cn A1 (e del suo derivato BCM7) e l'aumento della risposta infiammatoria nonché di disturbi a livello gastrointestinale (Summer et al., 2020; EFSA, 2009). Al contrario, gli effetti dell'ingestione di  $\beta$ -Cn A1 e il potenziale ruolo del peptide BCM7 sull'insorgenza e/o sul peggioramento di malattie non trasmissibili necessitano di ulteriori evidenze sperimentali (Summer et al., 2020;



EFSA, 2009). Nel complesso, il “problema  $\beta$ -Cn A1/BCM7” rimane una tematica di grande attualità, sulla quale la ricerca scientifica non ha fatto ancora sufficiente chiarezza.

### *Influenza delle varianti della $\beta$ -lattoglobulina sulla qualità casearia del latte*

La  $\beta$ -lattoglobulina è la principale proteina del siero del latte vaccino; si tratta di una proteina globulare formata da una catena peptidica di 162 amminoacidi. Finora sono note almeno 12 varianti della  $\beta$ -Lg, ma le più comuni sono A e B.

Il latte di vacche  $\beta$ -Lg B presenta un livello inferiore di sieroproteine (-12%) e una maggiore quantità di caseina totale, da +0,08% a +0,13%. Queste differenze sono associate a un notevole effetto positivo della variante B sui parametri di caseificazione (Di Stasio & Mariani, 2000; Heck et al., 2009).

### *La componente lipidica del latte*

Il latte è fonte di acidi grassi saturi (SFA) quali gli acidi laurico (C12:0), miristico (C14:0) e palmitico (C16:0), che sono stati associati a un aumento del rischio di malattie cardiovascolari (Kris-Eiherton & Fleming, 2015). Di contro gli acidi grassi monoinsaturi (MUFA), polinsaturi (PUFA) e l'acido linoleico coniugato (CLA), un mix di isomeri dell'acido linoleico (cis9, cis12 C18:2), svolgono un ruolo importante per la salute umana e hanno dimostrato proprietà antitumorali, antinfiammatorie, antidiabetiche e di prevenzione delle malattie cardiache (Bassaganya-Riera et al., 2010; Gebauer et al., 2011). Quantità e qualità della frazione grassa dei prodotti di origine animale, sono fortemente influenzate dall'alimentazione, ma diversi geni sono in grado di influenzare la produzione e la composizione della frazione lipidica del latte in diverse specie. L'enzima DGAT1 catalizza l'ultima fase della sintesi dei trigliceridi, l'esterificazione dei digliceridi con gli acil-CoA in terza posizione. Il polimorfismo più ampiamente studiato e convalidato nel gene bovino si trova nell'ottavo esone e consiste in una sostituzione dinucleotidica AA>GC che determina la corrispondente sostituzione amminoacidica K232A nella proteina; in diverse razze l'allele K è risultato associato a un maggior contenuto di grasso (Anton et al., 2008) e a una maggiore percentuale di acidi grassi saturi (Conte et al., 2010) nel latte. Gli effetti del polimorfismo DGAT1, attribuiti a una maggiore espressione dell'allele K nella ghiandola mammaria (Fink et al., 2020), sono di notevole importanza poiché influenzano la lipolisi spontanea

(Vanbergue et al., 2016) e le proprietà fisiche e funzionali del latte e dei derivati ricchi in grasso (Hawke e Taylor, 1995; Mensink et al., 2003).

Il gene SCD codifica per l'enzima responsabile della desaturazione in posizione *cis*- $\Delta 9$  che converte gli acidi grassi saturi (SFA) in monoinsaturi (MUFA) e l'acido vaccenico in acido linoleico coniugato, pertanto è un candidato particolarmente interessante per il miglioramento genetico della qualità nutrizionale dei grassi del latte. Tra le varie mutazioni identificate, un sito polimorfo del 5° esone causa la sostituzione amminoacidica A293V. L'allele A è stato associato a una maggiore attività dell'enzima e a un più alto contenuto di CLA e MUFA, quindi a migliori caratteristiche nutrizionali del latte (Mele et al., 2007; Conte et al., 2010).

Sebbene il numero di geni implicati nel metabolismo lipidico sia molto elevato e le reti metaboliche coinvolte siano piuttosto complesse, i risultati ottenuti per questi due geni candidati evidenziano che in futuro sarà possibile selezionare per una maggiore percentuale di grasso nel latte ponendo l'obiettivo sulle frazioni di acidi grassi insaturi.

#### LA PRODUZIONE DELLE UOVA

Nel corso della seconda metà del ventesimo secolo, l'opera di selezione e di miglioramento genetico ha portato le galline ovaiole a raggiungere livelli di produttività molto elevati, superando le 300 uova deposte per anno, a fronte di produzioni di poco superiori alle 200 uova prima degli anni '70. Allo stesso tempo è incrementata notevolmente anche l'efficienza produttiva, come testimonia la variazione significativa dell'indice di conversione alimentare, attualmente prossimo al valore di 2 (Leenstra et al., 2016). Anche il concetto di qualità dell'uovo ha subito un'evoluzione che ha interessato diversi aspetti: organolettici, tecnologici e nutrizionali. Il consumatore sceglie le uova non solo rispetto alla taglia e al colore del guscio, ma anche rispetto al colore del tuorlo, all'aspetto dell'albume e, sempre più frequentemente negli ultimi anni, rispetto alle caratteristiche del sistema di allevamento, data l'accresciuta sensibilità per gli aspetti etici che coinvolgono le attività di allevamento degli animali.

Oltre la produttività e il peso delle uova, numerosi altri caratteri possono essere influenzati con il miglioramento genetico e possono essere oggetto di selezione all'interno delle razze di galline ovaiole (Beaumont et al., 2010):

- La proporzione relativa tra guscio, tuorlo e albume;
- la qualità dell'albume (misurata in unità Haugh per indicarne la freschezza)
- il colore del guscio

- lo spessore e la resistenza meccanica del guscio
- la qualità nutrizionale (in particolare il contenuto in colesterolo e in acidi grassi insaturi)
- la qualità organolettica (eliminazione del rischio di uova con il caratteristico odore di pesce)
- la qualità igienico-sanitaria (ad esempio la resistenza alla salmonella).

Il genoma del pollo è stato tra i primi a essere sequenziato e a essere oggetto di studi di associazione alla ricerca di QTL o altri marcatori molecolari per caratteri di interesse zootecnico, inclusi quelli relativi alla qualità delle uova. In particolare, numerosi QTL sono stati identificati nel genoma del pollo in grado di influenzare i caratteri qualitativi: 13 regioni QTL localizzate su 10 cromosomi per i caratteri di qualità del guscio e 15 regioni QTL localizzate su 12 cromosomi per i caratteri di qualità relativi a tuorlo e albume (Goto e Tsudzuki, 2017).

Le conoscenze acquisite in merito all'architettura genetica dei caratteri qualitativi delle uova hanno consentito di sviluppare interessanti applicazioni nell'ambito della selezione. Un esempio tipico è quello del difetto riconducibile all'odore di pesce del tuorlo d'uovo. All'inizio degli anni 2000 è stato svelato il motivo per cui alcune tipologie di uova, in particolare quelle a guscio marrone, sviluppano frequentemente il difetto organolettico definito «odore di pesce», soprattutto se gli animali sono alimentati con alimenti ricchi di colina, carnitina e lecitina, il cui metabolismo origina trimetilammina. L'accumulo di trimetilammina deriva da un difetto dell'enzima trimetilammina ossidasi, a sua volta connesso a una specifica variante del gene «flavin containing monooxygenase 3» (FMO3). Tale gene è polimorfico, ma dei 17 punti di mutazione individuati, solo uno (T329S) comporta una sostituzione amminoacidica in una regione funzionale del gene. La selezione per i soggetti portatori dell'allele T ha consentito di ridurre notevolmente l'incidenza di questo difetto nella popolazione commerciale di galline ovaiole (Honkatukia et al., 2005).

Più recentemente sono stati individuati alcuni interessanti marker genetici che potrebbero essere utilizzati in futuri programmi di selezione assistita dai marcatori.

Il gene trasduttore di segnale e attivatore del fattore di trascrizione 5B (STAT5B) è un importante regolatore della traduzione di segnale dei meccanismi metabolici mediati dall'ormone della crescita. Nei polli sono state osservate interessanti associazioni tra i polimorfismi di tale gene e la crescita, il peso del pulcino al primo giorno di vita e il peso delle uova (Zhao et al., 2012; Sadeghi et al., 2012).

Più recentemente è stata dimostrato un effetto significativo dell'allele G relativo allo SNP g.4533815G>A del gene STAT5B anche per alcuni caratteri qualitativi delle uova di gallina: peso e dimensioni dell'uovo, spessore del guscio, peso dell'albume e colore del tuorlo. Tali risultati hanno portato a considerare l'allele G dello SNP g.4533815G>A del gene STAT5B come uno dei più importanti marcatori genetici per il miglioramento della qualità delle uova attraverso programmi di selezione assistita dai marcatori (Charoensook et al., 2016).

In conclusione negli ultimi decenni il miglioramento genetico ha portato a un netto miglioramento della qualità e della quantità dei prodotti di origine animale, grazie anche al miglioramento dell'efficienza di produzione. Tutto questo va nella direzione di una maggiore sostenibilità delle produzioni zootecniche, sia in termini ambientali che socio-economici, portando nel contempo alla produzione di latte, carne, uova più rispondenti alle richieste tecnologiche e nutrizionali del consumatore odierno che chiede maggiore attenzione alla qualità anche salutistica degli alimenti.

In futuro la genetica in campo zootecnico sarà sempre più chiamata a interfacciarsi ad altre figure professionali, quali i tecnologici alimentari e i nutrizionisti, per rispondere alla sfida di una produzione sempre più efficiente e sostenibile di alimenti che siano disponibili per tutti e di elevata qualità dal punto di vista tecnologico e nutrizionale.

## RIASSUNTO

Negli ultimi 50 anni, l'avanzamento delle conoscenze in merito al genoma e alle interazioni dei geni con l'ambiente di allevamento ha consentito di affinare sempre più i metodi di selezione, ottenendo un notevole progresso genetico nell'ambito degli animali di interesse zootecnico e risultati molto significativi dal punto di vista dell'efficienza produttiva degli animali e della disponibilità di prodotti di origine animale. I progressi ottenuti dal punto di vista della produzione quantitativa di latte, carne e uova sono stati spesso accompagnati da risultati altrettanto evidenti in merito agli aspetti qualitativi di tali prodotti. Il miglioramento della qualità chimica, tecnologica e nutrizionale è stato ottenuto principalmente attraverso i metodi tradizionali di selezione, tuttavia un ruolo importante ha rivestito, e ancora rivestirà nel prossimo futuro, la selezione guidata dalla conoscenza approfondita della struttura del genoma e dell'effetto di singole mutazioni del DNA su specifici caratteri qualitativi delle produzioni.

La relazione prenderà in considerazione, per le principali produzioni zootecniche, alcuni esempi di come le conoscenze acquisite in merito all'architettura genetica del carattere abbiano influenzato il processo di selezione o lo possano influenzare nel prossimo futuro, contribuendo al miglioramento della qualità dei prodotti di origine animale.

## ABSTRACT

In the last 50 years, the progress of knowledge about the genome and the interactions gene-environment improved selection methods more and more, obtaining significant genetic progress in the field of livestock and very significant results for production efficiency and availability of products of animal origin. The progress of quantitative production of milk, meat and eggs has often been accompanied by the enhancement of the quality of these products. The improvement of chemical, technological and nutritional quality has been obtained mainly through traditional selection methods; however, an important role has played, and will continue to play in the near future, the selection driven by in-depth knowledge of the genome structure and of individual DNA mutation effect on specific qualitative characters of the productions.

This report will consider, for the main livestock productions, some examples of how the knowledge of the genetic components of the trait affected and will affect the selection process of the quality of livestock products.

## BIBLIOGRAFIA

- ANTON I., KOVÁCS K., FÉSÜS L., VÁRHEGYI J., LEHEL L., HAJDA Z., POLGÁR J.P., SZABÓ F., ZSOLNAI A. (2008): *Effect of DGAT1 and TG gene polymorphisms on intramuscular fat and on milk production traits in different cattle breeds in Hungary*, «Acta Veterinaria Hungarica», 56, pp. 181-186.
- BASSAGANYA-RIERA J., HONTECILLAS R. (2010): *Dietary conjugated linoleic acid and n-3 polyunsaturated fatty acids in inflammatory bowel disease*, «Current Opinion in Clinical Nutrition and Metabolic Care», 13, pp. 569-573.
- BEAUMONT C., CALENGE F., CHAPUIS H., FABLET J., MINVIELLE F., TIXIER-BOICHARD M. (2010): *Génétique de la qualité de l'oeuf*, «INRA Productions Animales», 23, pp. 123-132.
- CHAROENSOOK R., WICHASIT N., PECHKONG T., INCHAROEN T., NUMTHUAM S. (2016): *STAT5B gene polymorphisms are associated with egg production and egg quality traits in laying hens*, «Asian Journal of Animal and Veterinary Advances», 11, pp. 847-853.
- CONTE G., MELE M., CHESSA S., CASTIGLIONI B., SERRA A., PAGNACCO G., SECCHIARI P. (2010): *Diacylglycerol acyltransferase 1, stearoyl-CoA desaturase 1, and sterol regulatory element binding protein 1 gene polymorphisms and milk fatty acid composition in Italian Brown cattle*, «Journal of Dairy Science», 93, pp. 753-763.
- DI STASIO L., MARIANI P. (2000): *The role of protein polymorphism in the genetic improvement of milk production*, «Zootecnica e Nutrizione Animale», 26, pp. 69-90.
- EFSA (European Food Safety Authority) (2009): *Review of the potential health impact of b-casomorphins and related peptides*, «EFSA Scientific Report», 231, pp. 1-107.
- FERNANDEZ X., GILBERT B. S., VENDEUVREC J.-L. (2002): *Effects of halothane genotype and pre-slaughter treatment on pig meat quality. Part 2. Physico-chemical traits of cured-cooked ham and sensory traits of cured-cooked and dry-cured hams*, «Meat Science», 62, pp. 439-446.
- FINK T., LOPDELL T.J., TIPLADY K., HANDLEY R., JOHNSON T.J.J., SPELMAN R.J., DAVIS S.R., SNELL R.G., LITTLEJOHN M.D. (2020): *A new mechanism for a familiar mutation*

- Bovine *DGAT1 K232A* modulates gene expression through multi-junction exon splice enhancement, «BMC Genomics», 21, pp. 591.
- FITZGERALD R.J., WALSH D., GUINEE T.P., MURPHY J.J., MEHRA R., HARRINGTON D., CONNOLLY J.F. (1998): *Genetic variants of milk proteins and their association with milk production and processing properties*, in *Genetic Variants of Milk Proteins - Relevance to Milk Composition and Cheese Production*, a cura di R.J. FitzGerald, Dairy Products Research Centre, Report n. 19, pp. 2-11.
- FUJII J., OTSU K., ZORZATO F., DE LEON S., KHANNA S., WEILER V.K., O'BRIEN P.J., MACLENNAN D.H. (1991): *Identification of a mutation in porcine ryanodin receptor associated with malignant hyperthermia*, «Science», 253, pp. 448-451.
- GEBAUER S.K., CHARDIGNY J.-M., JAKOBSEN M.U., LAMARCHE B., LOCK A.L., PROCTOR S.D., BAER D.J. (2011): *Effects of ruminant trans fatty acids on cardiovascular disease and cancer: a comprehensive review of epidemiological, clinical, and mechanistic studies*, «Advances in Nutrition», 2, pp. 332-354.
- GOTO T., TSUDZUKI M. (2017): *Genetic mapping of Quantitative Trait Loci for egg production and egg quality traits in chickens: a Review*, «The journal of Poultry Science», 54, pp. 1-12.
- HAWKE J.C., TAYLOR M.W. (1995): *Influence of nutritional factors on yield, composition and physical properties of milk fat*, Advanced Dairy Chemistry. Vol. 2. Lipids (2nd), Chapman and Hall, UK, pp. 37-88.
- HECK J.M., SCHENNINK A., VAN VALENBERG H.J., BOVENHUIS H., VISKER M.H., VAN ARENDONK J.A., VAN HOOIJDONK A.C.M. (2009): *Effects of milk protein variants on the protein composition of bovine milk*, «Journal of Dairy Science», 92, pp. 1192-1202.
- HOLT C., CARVER J.A., ECROYD H., THORN D.C. (2013): *Invited review: Caseins and the casein micelle: their biological functions, structures, and behavior in foods*, «J. Dairy Sci.», 96 (10), pp. 6127-6146.
- HONKATUKIA M., REESE K., PREISINGER R., TUISKULA-HAAVISTO M., WEIGEND S., MÄKI-TANILA R.A., VILKKI J. (2005): *Fishy taint in chicken eggs is associated with a substitution within a conserved motif of the FMO3 gene*, «Genomics», 86, pp. 225-232.
- ILIE D.E., BACILA V., CEAN A., CZISZTER L.T., NEO S. (2014): *Screening of RYR1 genotypes in swine population by a rapid and sensitive method*, «Romanian Biotechnological Letters», 19, pp. 9170-9178.
- KOOHARAIE M., KENT M.P., SHACKELFORD S.D., VEISETH E., WHEELER T.L. (2002): *Meat tenderness and muscle growth: is there any relationship?*, «Meat Science», 62, pp. 345-352.
- KRIS-ETHERTON P.M., FLEMING J.A. (2015): *Emerging nutrition science on fatty acids and cardiovascular disease: nutritionists' perspectives*, «Advances in Nutrition», 6, pp. 326S-337S.
- LEENSTRA F., TEN NAPEL J., VISSCHER J., VAN SAMBEEK F. (2016): *Layer breeding programmes in changing production environments: a historic perspective*, «World's Poultry Science Journal», 72, pp. 21-36.
- MARIANI P., LOSI G., RUSSO V., CASTAGNETTI G.B., GRAZIA L., MORINI D., FOSSA E. (1976): *Prove di caseificazione con latte caratterizzato dalle varianti A e B della k-caseina nella produzione del formaggio Parmigiano-Reggiano*, «Sci. Tecn. Latt.-cas.», 27, pp. 208-227.
- MARIANI P., SUMMER A. (1999): *Polimorfismo delle proteine e attitudine tecnologico-casearia del latte*, «Sci. Tecn. Latt.-cas.», 50, pp. 197-230.
- MELE M., CONTE G., CASTIGLIONI B., CHESSA S., MACCIOTTA N.P.P., SERRA A., BUCCIO-

- NI A., PAGNACCO G., SECCHIARI P. (2007): *Stearoyl-coenzyme a desaturase gene polymorphism and milk fatty acid composition in Italian Holsteins*, «Journal of Dairy Science», 90, pp. 4458-4465.
- MENSINK R.P., ZOCK P.L., KESTER A.D., KATAN M.B. (2003): *Effects of dietary fatty acids and carbohydrates on the ratio of serum total to HDL cholesterol and on serum lipids and apolipoproteins: a meta-analysis of 60 controlled trials*, «The American Journal of Clinical Nutrition», 77, pp. 1146-1155.
- MONIN G. (1985): *Pork of low technological quality with a normal rate of muscle pH fall in the immediate post-mortem period: the case of Hampshire breed*, «Meat Science», 13, pp. 49-63.
- NATTRASS G.S., CAFE L.M., MCINTYRE B. L., GARDNER G.E., MCGILCHRIST P., ROBINSON D.L., WANG Y.H., PETHICK D.W., GREENWOOD P.L. (2014): *A post-transcriptional mechanism regulates calpastatin expression in bovine skeletal muscle*, «Journal of Animal Science», 92, pp. 443-455.
- O'BRIEN P.J. (1998): *La mutazione responsabile della sindrome da stress del suino*, «Large Animals Review», 3, pp. 53-63.
- ROBINSON D.L., CAFE L.M., MCINTYRE B.L., GEESINK G.H., BARENDSE W., PETHICK D.W., THOMPSON J.M., POLKINGHORNE R., GREENWOOD P.L. (2012): *Production and processing studies on calpain-system gene markers for beef tenderness: Consumer assessments of eating quality*, «Journal of Animal Science», 90, pp. 2850-2860.
- SADEGHI, M., NIKNAFS S., SHAHRBABAK H.M., FATEMI S.A. (2012): *Two SNP in STAT5B gene and their association with breeding value of growth and egg production traits in Mazandaran indigenous chicken*, «Livestock Science», 147, pp. 198-202.
- SUMMER A., DI FRANGIA F., AJMONE MARSAN P., DE NONI I., MALACARNE M. (2020): *Occurrence, biological properties and potential effects on human health of  $\beta$ -casomorphin 7: Current knowledge and concerns*, «Critical Rev. Food Sci. Nutr.», 60, pp. 3705-3723.
- VANBERGUE E., PEYRAUD J.L., GUINARD-FLAMENT J., CHARTON C., BARBEY S., LEFEBVRE R., GALLARD Y., HURTAUD C. (2016): *Effects of DGAT1 K232A polymorphism and milking frequency on milk composition and spontaneous lipolysis in dairy cows*, «Journal of Dairy Science», 99, pp. 5739-5749.
- WALSH C.D., GUINEE T.P., HARRINGTON D., MEHRA R., MURPHY J., FITZGERALD R.J. (1998b): *Cheesemaking, compositional and functional characteristics of low-moisture part-skim Mozzarella cheese from bovine milks containing k-casein AA, AB, or BB genetic variants*, «J. Dairy Res.», 65, pp. 307-315.
- WALSH C.D., GUINEE T.P., REVILLE W.D., HARRINGTON D., MURPHY J.J., O'KENNEDY B.T., FITZGERALD R.J. (1998a): *Influence of k-casein genetic variant on rennet gel microstructure, Cheddar cheesemaking properties and casein micelle size*, «Int. Dairy J.», 8, pp. 707-714.
- ZHAO X.H., WANG J.Y., ZHANG G.X., WEI Y., GU Y.P., YU Y.B. (2012): *Single nucleotide polymorphism in the STAT5b gene is associated with body weight and reproductive traits of the Jinghai Yellow chicken*, «Molecular Biology Reports», 39, pp. 4177-4183.



PAOLO AJMONE MARSAN<sup>1</sup>, RICCARDO BOZZI<sup>2</sup>, ELENA CIANI<sup>3</sup>,  
PAOLA CREPALDI<sup>4</sup>, FABIO PILLA<sup>5</sup>, BALDASSARE PORTOLANO<sup>6</sup> E ALESSANDRA STELLA<sup>7</sup>

## Adattamento ambientale e genetica: la rilettura della biodiversità, le basi genetiche della resilienza, il ruolo dell'epigenetica

<sup>1</sup> Dipartimento di Scienze Animali, della Nutrizione e degli Alimenti – DIANA e Centro di Ricerca Nutrigenomica e Proteomica – PRONUTRIGEN, Università Cattolica del Sacro Cuore, Piacenza/Cremona

<sup>2</sup> Dipartimento di Scienze e Tecnologie Agrarie, Alimentari, Ambientali e Forestali – DAGRI, Università degli Studi, Firenze

<sup>3</sup> Dipartimento di Bioscienze, Biotecnologie e Biofarmaceutica, Università degli Studi Aldo Moro, Bari

<sup>4</sup> Dipartimento di Scienze Agrarie e Ambientali - Produzione, Territorio, Agroenergia, Università degli Studi di Milano Statale, Milano

<sup>5</sup> Dipartimento Agricoltura, Ambiente e Alimenti, Università del Molise, Campobasso

<sup>6</sup> Dipartimento Scienze Agrarie e Forestali - Zootecnica, Università degli Studi, Palermo

<sup>7</sup> Istituto di Biologia e Biotecnologia Agraria CNR-IBBA, Milano

La domesticazione di piante e animali ha modificato radicalmente le abitudini degli antichi cacciatori-raccoglitori, rendendo stanziali le popolazioni e accompagnando la crescita demografica, lo sviluppo di società complesse, della cultura e della scienza. In uno dei più importanti centri di domesticazione, situato nei dintorni della Mezzaluna Fertile, 10.000 anni fa i progenitori selvatici di capre, pecore, bovini e suini hanno instaurato un legame indissolubile con l'uomo.

La diffusione degli animali domestici è poi dipesa interamente dalle vicende umane. La prima espansione è avvenuta nel Neolitico, a seguito dello sviluppo dell'agricoltura. Successivamente gli animali hanno seguito l'uomo in migrazioni, conquiste e commerci (Ajmone Marsan et al., 2010). Nel corso dei millenni gli animali addomesticati si sono suddivisi in popolazioni locali, adattate a vivere e produrre in condizioni ambientali molto diverse, a volte estreme, dai climi torridi dei deserti, ai climi freddi del Nord Europa e della Russia, ai climi tropicali del Sud dell'Asia e dell'Africa equatoriale. In questo periodo il genoma delle diverse popolazioni è stato plasmato dalla selezione antropica e ambientale (clima, altitudine, alimenti a disposizione, malattie) e soggetto a modificazioni dovute a eventi demografici, deriva genetica, incroci con specie selvatiche, nuove mutazioni.



Nella seconda metà del 1700 è iniziata in Europa la standardizzazione delle popolazioni locali, processo che ha portato alla formazione di razze omogenee e con caratteristiche fenotipiche e produttive ben differenziate. A partire dagli anni '50, il ricorso a sistemi di produzione intensivi e le nuove tecniche di miglioramento genetico basate su modelli statistici, registrazione delle parentele e misure dei fenotipi e delle produzioni, hanno favorito la diffusione di un numero limitato di razze altamente produttive che si sono affermate in numerosi paesi. Per motivi economici e sociali, queste razze hanno progressivamente sostituito le razze locali, contribuendo all'erosione della biodiversità delle specie zootecniche. Le razze locali sopravvissute sono oggi allevate per la loro capacità di adattamento a territori specifici, quali quelli montani, sistemi di allevamento prevalentemente estensivi e al forte legame con le produzioni tipiche, le tradizioni e la cultura di questi territori. Queste razze sono oggi una riserva preziosa di varianti geniche spesso assenti nelle razze industriali e che sono il risultato della loro storia evolutiva. Inoltre, spesso svolgono importanti funzioni eco-sistemiche e di conservazione del territorio.

In Italia è presente una grande variabilità genetica per tutte le principali specie allevate. Nel 2021 risultano registrate nella banca dati dell'Associazione Italiana Allevatori (AIA) 29 razze bovine, 39 razze caprine, 34 razze ovine, 1 bufalina, 33 cunicole e 7 suine, la maggior parte delle quali locali (per informazioni Progetto Leo - Livestock Environment Opendata <https://www.leo-italy.eu/>).

Questa biodiversità è fondamentale per far fronte alle nuove sfide del settore delle produzioni animali quali la mitigazione dell'impatto ambientale, l'adattamento ai cambiamenti climatici, la resilienza a stress e malattie, la garanzia del benessere animale, e la qualità, sicurezza e disponibilità delle produzioni alimentari (Rovelli et al., 2020). Grazie allo sviluppo di strumenti per lo studio del genoma e dell'epigenoma, è ora possibile caratterizzare la variabilità genetica di popolazioni adattate ad ambienti diversi e la variabilità epigenetica sviluppata nel corso del loro adattamento.

L'utilizzo dei dati provenienti dall'analisi dell'intero genoma, provenienti da sequenziamento completo o dalla genotipizzazione con migliaia di marcatori SNP (Polimorfismi di Singoli Nucleotidi), permette di conoscere la variabilità, l'architettura genomica e il controllo genetico delle differenze fenotipiche entro e tra razze, e contribuisce alla ricostruzione della storia e delle relazioni tra razze locali e cosmopolite (es. Ciani et al., 2014; Nicoloso et al., 2015; Mastrangelo et al., 2018; Colli et al., 2018; Muñoz et al., 2019; Bovo et al., 2020; Cendron et al., 2020; Denoyelle et al., 2021). Inoltre, lo studio dell'interazione genotipo-ambiente e dei cambiamenti nei profili epigenomici che si sono evoluti in razze e ambienti diversi forniscono ulteriori informazioni

sui meccanismi legati agli aspetti produttivi (Dong et al., 2021), riproduttivi (Frattoni et al., 2017) e di adattamento (Del Corvo et al., 2021) delle razze allevate. I profili epigenomici complementano le informazioni fenotipiche e genomiche e contribuiscono alla comprensione e valorizzazione della biodiversità al fine di pianificare schemi di conservazione, valorizzazione e selezione sempre più efficienti per il raggiungimento dei nuovi obiettivi del miglioramento genetico.

Gli studi sulla biodiversità delle risorse genetiche nazionali, iniziate negli anni '80 con gli strumenti dell'epoca, si sono sviluppati recentemente con metodi genomici grazie a diversi progetti nazionali e internazionali che hanno visto la collaborazione di numerose università ed enti di ricerca italiani. I risultati di questi progetti hanno prodotti numerose pubblicazioni sulle migliori riviste del settore su caprini (Nicoloso et al., 2015), bovini (Mastrangelo et al., 2018), ovini (Ciani et al., 2014), avicoli (Cendron et al., 2020), suini (Muñoz et al., 2019). Sono stati condotti studi relativi anche su specie zootecniche non convenzionali come le api (Minozzi et al., 2021), per la loro importanza per l'agricoltura, e il Dromedario (Lado et al., 2020), come modello di adattamento a ambienti aridi e semi-aridi che sempre più interesseranno il Mediterraneo a causa dei cambiamenti climatici.

Questi studi hanno confermato, attraverso un confronto con la biodiversità del resto del mondo, l'unicità genetica di molte popolazioni allevate in Italia e ne hanno ricostruito la storia demografica ed evolutiva, i flussi genici e le reciproche relazioni genetiche.

Il previsto incremento di temperature e di eventi estremi (tempeste, inondazioni, siccità estrema, periodi molto caldi e molto freddi, ecc.) dovuto ai cambiamenti climatici in atto, ha orientato la ricerca del settore zootecnico verso lo studio dei meccanismi biologici e genetici dell'adattamento. L'aumento delle temperature previsto avrà effetti diretti e indiretti sugli animali. Lo stress da calore influenzerà direttamente le specie allevate, compromettendone benessere, produttività, e fertilità mentre fra gli effetti indiretti si assisterà ad una modificata e limitata disponibilità di alimenti per il bestiame e ad un aumento del carico di parassiti e di patologie.

Nuovi metodi di analisi di dati genomici raccolti su razze appartenenti a differenti cluster geografici, fenotipici e climatici permettono l'identificazione di geni associati all'adattamento a particolari condizioni climatiche (per una rassegna si veda Passamonti et al., 2021).

In un recente lavoro Barbato et al. (2020) hanno analizzato 23 razze bovine comprese tre razze dell'Italia centrale note per avere nel genoma tracce di genoma proveniente da *Bos indicus*. In queste razze hanno identificato alcune regioni genomiche di origine indicina in tutti gli animali analizzati. Queste

regioni ospitano geni con funzioni relative a dimensioni ed efficienza alimentare, e suggeriscono che i geni derivati dai bovini indicini abbiano contribuito a migliorare i bovini dell'Italia centrale attraverso un evento di introgressione adattativa.

In un altro studio nei bovini (Ben-Jemaa et al., 2021), sono state identificate regioni genomiche legate a condizioni di adattamento all'allevamento semibrado della razza. In queste regioni sono presenti geni associati alla risposta immunitaria innata e adattativa, alle infezioni intracellulari da parassiti e altri geni che giocano ruoli chiave nelle malattie polmonari e associati alla resistenza/suscettibilità alla malaria, un tempo endemica nell'area di allevamento della razza Maremmana nell'Italia centro-occidentale.

Nel lavoro di Bertolini et al. (2018) sono stati analizzati i genotipi di più di 3000 capre provenienti da tutto il mondo. Da queste analisi sono emersi segnali di selezione legati a geni implicati nei processi di produzione (latte, carne e fibra), nel colore del mantello, nella risposta allo stress ossidativo, nelle dimensioni corporee e nel ritmo circadiano. In un lavoro più recente (Cortellari et al., 2021), sono state studiate 33 popolazioni caprine italiane georeferenziate. Gli autori hanno identificato SNP legati a variabili climatiche (variazione media della temperatura, umidità) che intercettano regioni genomiche legate alla crescita, al ritmo circadiano, alla fertilità e alla risposta infiammatoria. Di queste, 22 verranno allevate in condizioni climatiche con temperature più elevate e minori precipitazioni nei prossimi 70 anni. Queste indicazioni possono contribuire alla definizione di nuovi piani strategici di conservazione in funzione del cambiamento climatico in atto.

Studi sulle pecore hanno identificato segnali di selezione legate all'adattamento a condizioni climatiche differenti in termini di temperatura e umidità (Lv et al., 2014) e alle elevate altitudini Zhang et al., (2021). In quest'ultimo lavoro gli autori, utilizzando un sequenziamento completo delle pecore White Tibetan, Oula e Poll Dorset, hanno identificato segnali di selezione in diversi geni candidati correlati alle risposte all'ipossia, a caratteristiche legate alla produzione di carne e alla resistenza alle malattie oltre che alla pigmentazione del mantello.

Nei suini un recente lavoro (Bovo et al., 2020) ha studiato segnali di selezione per l'adattamento a diversi ambienti e sistemi di produzione, confrontando l'intero genoma di 19 razze suine autoctone europee, tre razze cosmopolite commerciali e i cinghiali europei. Gli autori hanno identificato più di 300 regioni cromosomiche sotto selezione. Queste regioni ospitano geni rilevanti per il processo di addomesticamento, e che influiscono su diversi caratteri morfologici e fisiologici.

Anche negli avicoli, un recente lavoro (Gheyas et al., 2021) ha cercato segnali genomici di adattamento nei polli africani, integrando un modello di caratterizzazione della nicchia ecologica di allevamento con le analisi dei segnali di selezione a livello genomico e di associazione genotipo-ambiente. Questi autori hanno studiato 34 variabili agro-climatiche di allevamento di 25 popolazioni di polli etiopi. Le analisi basate sul sequenziamento dell'intero genoma hanno identificato alcune regioni genomiche sotto selezione legate all'altitudine, alla temperatura, alla scarsità di acqua e alla disponibilità di cibo.

L'epigenoma, al quale viene attribuita una parte della variabilità fenotipica osservata, comprende diversi processi determinanti nel controllo dell'espressione genica (Bird, 2007). I sistemi molecolari coinvolti in questa regolazione comprendono la metilazione, la modificazione degli istoni, il rimodellamento della cromatina, gli RNA non codificanti, e trasmettono l'informazione epigenetica, rispondendo a stimoli ambientali esterni ed interni all'organismo. Negli ultimi anni, il sequenziamento di genomi o regioni genomiche sottoposte a pressione epigenetica ha permesso di osservare la distribuzione della metilazione lungo il genoma in diverse specie.

Negli animali domestici, la conoscenza delle relazioni tra fenotipi di interesse e variazione epigenetica è ancora limitata ma è interessante osservare che la rappresentazione delle regioni differenzialmente metilate nel confronto tra selvatici e domestici corrisponde alle regioni associate alla domesticazione. Nei bovini, è stata dimostrata la relazione tra fisiologia della lattazione e pattern di metilazione e nel suino è stato possibile valutarne l'influenza sulla struttura del tessuto adiposo. La mappatura e caratterizzazione delle modificazioni epigenetiche nei diversi tessuti, fondamentale per le analisi successive, è stata descritta da ricercatori italiani nella capra (Frattini et al., 2017) e nella pecora (Capra et al., 2017).

Le relazioni tra risposta allo stress e adattamento e regolazione epigenetica sono state evidenziate in studi sulle cavie (Weyrich et al., 2016). In questo ambito, l'Italia si è posizionata all'avanguardia con ricerche sul ruolo dell'epigenoma sull'adattamento a agenti stressanti nelle specie d'allevamento. Nel cavallo, il ruolo dei miRNA è stato valutato in risposta all'esercizio prolungato (Cappelli et al., 2018), identificando putativi marcatori per il monitoraggio dell'adattamento metabolico. Nei bovini l'effetto della metilazione in aree cromosomiche specifiche è stato correlato alla motilità degli spermatozoi (Toschi et al., 2020). Lo stress da caldo ha un impatto indiscusso sulle produzioni e, in vista degli eventi estremi dovuti ai cambiamenti climatici, l'adattamento alle temperature estreme rappresenta un meccanismo molecolare di essenziale importanza in tutte le specie. Del Corvo et al. (2021) hanno identificato

delle modificazioni dei pattern di metilazione in alcuni loci in risposta allo stress climatico, grazie a un esperimento di challenge con esposizione a elevate temperature. I risultati sono incoraggianti nell'identificazione di meccanismi molecolari epigenetici che, presentando un buon livello di ereditabilità e correlazione con fenotipi misurabili, potrebbero essere sfruttati nella selezione e nella gestione delle mandrie.

In conclusione, le regioni genomiche e i geni identificati nei vari studi descritti in precedenza dimostrano l'importanza della conservazione delle razze locali come riserva di varianti geniche ed epigenetiche associate all'adattamento ad ambienti diversi. Queste varianti, una volta validate, rappresentano una risorsa preziosa sia per le razze locali che per le razze commerciali. Infatti non è chiaro se queste ultime possiedano variabilità genetica sufficiente al rapido adattamento a condizioni ambientali molto diverse dalle attuali. Le varianti adattative potrebbero quindi essere utili per migliorare la resilienza produttiva anche delle popolazioni animali che attualmente sfamano il pianeta. La loro introgressione nelle razze industriali non sarà semplice, potrà avvenire attraverso opportuni schemi di incrocio e selezione genomica, in tempi medio-lunghi, oppure utilizzando le nuove tecniche di editing del genoma, quando e se queste saranno applicabili alle specie animali da reddito.

#### RIASSUNTO

Dopo la domesticazione le popolazioni zootecniche hanno colonizzato il pianeta a seguito dell'espansione dell'agricoltura e si sono adattate a vivere e produrre in condizioni agro-ambientali molto diverse. Le nuove tecnologie di analisi del DNA permettono lo studio dettagliato del genoma e dell'epigenoma di queste popolazioni, per la caratterizzazione e la conservazione della biodiversità e la ricerca di varianti geniche utili per far fronte ai cambiamenti climatici in atto. La comunità scientifica italiana è fortemente impegnata su questo fronte. In questa breve rassegna vengono riportati alcuni dei risultati ottenuti recentemente.

#### ABSTRACT

After domestication, livestock populations colonized the planet with the expansion of agriculture and adapted to live and produce in very different agro-environmental conditions. The new DNA analysis technologies allow the detailed investigation of the genome and epigenome of these populations, for the characterization and conservation of biodiversity and the search for gene variants useful to cope with the on-going climate change. The Italian scientific community is strongly committed to this front. In this brief review are reported some of the results recently obtained.

## BIBLIOGRAFIA

- AJMONE-MARSAN P., GARCIA J.F., LENSTRA J.A. (2010): *On the Origin of Cattle: how Aurochs became Cattle and Colonized the World*, «Evolutionary Anthropology», 19, pp. 148-157.
- BARBATO M., HAILER F., UPADHYAY M., DEL CORVO M., COLLI L., NEGRINI R., KIM E., CROOIJMANS R.P.M.A., SONSTEGARD T., AJMONE-MARSAN P. (2020): *Adaptive introgression from indicine cattle into white cattle breeds from Central Italy*, «Scientific Reports», 10, 1279.
- BEN-JEMAA S., SENCZUK G., CIANI E., CIAMPOLINI R., CATILLO G., BOUSSAHA M., PILLA F., PORTOLANO B., MASTRANGELO S. (2021): *Genome-Wide Analysis Reveals Selection Signatures Involved in Meat Traits and Local Adaptation in Semi-Feral Maremmiana Cattle*, «Front Genet», 12, 675569.
- BERTOLINI F., SERVIN B., TALENTI A., ROCHAT E., KIM E.S., COGET C., PALHIÈRE I., CRISÀ A., CATILLO G., STERI R., AMILLS M., COLLI L., MARRAS G., MILANESI M., NICOLAZZI E., ROSEN B.D., VAN TASSELL C.P., GULDBRANDTSEN B., SONSTEGARD T.S., TOSSEK-KLOPP G., STELLA A., ROTHSCHILD M.F., JOOST S., CREPALDI P., THE ADAPTMAP CONSORTIUM (2018): *Signatures of selection and environmental adaptation across the goat genome post-domestication*, «Genet Sel Evol», 50, 57.
- BIRD A. (2007), *Perceptions of epigenetics*, «Nature», 447, pp. 396-398.
- BOVO S., RIBANI A., MUÑOZ M., ALVES E., ARAUJO J.P., BOZZI R., ČANDEK-POTOKAR M., CHARNECA R., DI PALMA F., ETHERINGTON G., FERNANDEZ A.I., GARCÍA F., GARCÍA-CASCO J., KAROLYI D., GALLO M., MARGETA V., MARTINS J.M., MERCAT M.J., MOSCATELLI G., NÚÑEZ Y., QUINTANILLA R., RADOVIĆ Č., RAZMAITE V., RIQUET J., Savić R., SCHIAVO G., USAI G., UTZERI V.J., ZIMMER C., OVILO C., FONTANESI L. (2020): *Whole-genome sequencing of European autochthonous and commercial pig breeds allows the detection of signatures of selection for adaptation of genetic resources to different breeding and production systems*, «Genet Sel Evol», 52, 33.
- CAPPELLI K., CAPOMACCIO S., VIGLINO A., SILVESTRELLI M., BECCATI F., MOSCATI L., CHIARADIA E. (2018): *Circulating miRNAs as Putative Biomarkers of Exercise Adaptation in Endurance Horses*, «Front Physiol», 9, 429.
- CAPRA E., TOSCHI P., DEL CORVO M., LAZZARI B., SCAPOLLO P.A., LOI P., WILLIAMS J.L., STELLA A., AJMONE-MARSAN P. (2017): *Genome-Wide Epigenetic Characterization of Tissues from Three Germ Layers Isolated from Sheep Fetuses*, «Front Genet», 8, 115.
- CENDRON F., PERINI F., MASTRANGELO S., TOLONE M., CRISCIONE A., BORDONARO S., IAFFALDANO N., CASTELLINI C., MARZONI M., BUCCIONI A., SOGLIA D., SCHIAVONE A., CEROLINI S., LASAGNA E., CASSANDRO M. (2020): *Genome-Wide SNP Analysis Reveals the Population Structure and the Conservation Status of 23 Italian Chicken Breeds*, «Animals» 10, 1441.
- CIANI E., CREPALDI P., NICOLOSO L., LASAGNA E., SARTI F.M., MOIOLI B., NAPOLITANO F., CARTA A., USAI G., D'ANDREA M., MARLETTA D., CIAMPOLINI R., RIGGIO V., OCCIDENTE M., MATASSINO D., KOMPAN D., MODESTO P., MACCIOTTA N., AJMONE-MARSAN P., PILLA F. (2014): *Genome-wide analysis of Italian sheep diversity reveals a strong geographic pattern and cryptic relationships between breeds*, «Animal Genetic», 45, pp. 256-266.
- COLLI L., MILANESI M., TALENTI A., BERTOLINI F., CHEN M., CRISÀ A., DALY K.G., DEL CORVO M., GULDBRANDTSEN B., LENSTRA J.A., ROSEN B.D., VAJANA E., CATILLO G.,

- JOOST S., NICOLAZZI E.L., ROCHAT E., ROTHSCHILD M.F., SERVIN B., SONSTEGARD T.S., STERI R., VAN TASSELL C.P., AJMONE-MARSAN P., CREPALDI P., STELLA A., ADAPT-MAP CONSORTIUM (2018): *Genome-wide SNP profiling of worldwide goat populations reveals strong partitioning of diversity and highlights post-domestication migration routes*, «Genet Sel Evol», 50, 58.
- CORTELLARI M., BARBATO M., TALENTI A., BIONDA A., CARTA A., CIAMPOLINI R., CIANI E., CRISÀ A., FRATTINI S., LASAGNA E., MARLETTA D., MASTRANGELO S., NEGRO A., RANDI E., SARTI F.M., SARTORE S., SOGLIA D., LIOTTA L., STELLA A., AJMONE-MARSAN P., PILLA F., COLLI L., CREPALDI P. (2021): *The climatic and genetic heritage of Italian goat breeds with genomic SNP data*, «Scientific Reports», 11, 10986.
- DEL CORVO M., LAZZARI B., CAPRA E., ZAVAREZ L., MILANESI M., UTSUNOMIYA Y.T., UTSUNOMIYA A.T.H., STELLA A., DE PAULA NOGUEIRA G., GARCIA J.F., AJMONE-MARSAN P. (2021): *Methylome Patterns of Cattle Adaptation to Heat Stress*, «Front Genet», 28:12, 633132.
- DONG W., YANG J., ZHANG Y., LIU S., NING C., DING X., WANG W., ZHANG Y., ZHANG Q., JIANG L. (2021): *Integrative analysis of genome-wide DNA methylation and gene expression profiles reveals important epigenetic genes related to milk production traits in dairy cattle*. «J Anim Breed Genet», 138, pp. 562-573.
- RATTINI S., CAPRA E., LAZZARI B., MCKAY S.D., COIZET B., TALENTI A., GROPPETTI D., RICCABONI P., PECILE A., CHESSA S., CASTIGLIONI B., WILLIAMS J.L., PAGNACCO G., STELLA A., CREPALDI P. (2017): *Genome-wide analysis of DNA methylation in hypothalamus and ovary of Capra hircus*, «BMC Genomics», 18, 476.
- GHEYAS A.A., VALLEJO-TRUJILLO A., KEBEDE A., LOZANO-JARAMILLO M., DESSIE T., SMITH J., HANOTTE O. (2021): *Integrated Environmental and Genomic Analysis Reveals the Drivers of Local Adaptation in African Indigenous Chickens*, «Mol Biol Evol», 38, pp. 4268-4285.
- LADO S., ELBERS J.P., DOSKOCIL A., SCAGLIONE D., TRUCCHI E., HOSSEIN BANABAZI M., ALMATHEN F., SAITOU N., CAINI E., BURGER P. (2020): *Genome-wide diversity and global migration patterns in dromedaries follow ancient caravan routes*, «Commun Biol», 3, 387.
- DENOYELLE L., TALOUARN E., BARDOU P., COLLI L., ALBERTI A., DANCHIN C., DEL CORVO M., ENGELN S., ORVAIN C., PALHIÈRE I., RUPP R., SARRY J., SALAVATI M., AMILLS M., CLARK E., CREPALDI P., FARAUT T., MASIGA C.W., POMPANON F., ROSEN B.D., STELLA A., VAN TASSELL C.P., TOSSER-KLOPP G. (2021): *The VarGoats Consortium VarGoats project: a dataset of 1159 whole-genome sequences to dissect Capra hircus global diversity*, In stampa.
- LV F.H., AGHA S., KANTANEN J., COLLI L., STUCKI S., KIJAS J.W., JOOST S., LI M.H., AJMONE MARSAN P. (2014): *Adaptations to climate-mediated selective pressures in sheep*, «Mol Biol Evol», 31, pp. 3324-3343.
- MASTRANGELO S., CIANI E., AJMONE MARSAN P., BAGNATO A., BATTAGLINI L., BOZZI R., CARTA A., CATILLO G., CASSANDRO M., CASU S., CIAMPOLINI R., CREPALDI P., D'ANDREA M., DI GERLANDO R., FONTANESI L., LONGERI M., MACCIOTTA N.P., MANTOVANI R., MARLETTA D., MATASSINO D., MELE M., PAGNACCO G., PIERAMATI C., PORTOLANO B., SARTI F.M., TOLONE M., PILLA F. (2018): *Conservation status and historical relatedness of Italian cattle breeds*, «Genet Sel Evol», 50, 35.
- MINOZZI G., LAZZARI B., DE IORIO M.G., COSTA C., CARPANA E., CREPALDI P., RIZZI R., FACCHINI E., GANDINI G., STELLA A. & PAGNACCO G. (2021): *Whole-Genome Sequence Analysis of Italian Honeybees (Apis mellifera)*, «Animals», 11, 5.



- MUÑOZ, M., BOZZI, R., GARCÍA-CASCO, J., NÚÑEZ, Y., RIBANI, A., FRANCI, O., GARCÍA, F., ŠKRLEP, M., SCHIAVO, G., BOVO, S., UTZERI, V.J., CHARNECA, R., MARTINS, J.M., QUINTANILLA, R., TIBAU, J., MARGETA, V., DJURKIN-KUŠEC, I., MERCAT, M.J., RIQUET, J., ESTELLÉ, J., ZIMMER, C., RAZMAITE, V., ARAUJO, J.P., RADOVIĆ, Č., SAVIĆ, R., KAROLYI, D., GALLO, M., ČANDEK-POTOKAR, M., FERNÁNDEZ, A.I., FONTANESI, L. ÓVILO, C. (2019): *Genomic diversity, linkage disequilibrium and selection signatures in European local pig breeds assessed with a high density SNP chip*, «Scient Reports», 9:1, 13546.
- NICOLOSO L., BOMBA L., COLLI L., NEGRINI R., MILANESI M., MAZZA R., SECHI T., FRATTINI S., TALENTI A., COIZET B., CHESSA S., MARLETTA D., D'ANDREA M., BORDONARO S., PTAK G., CARTA A., PAGNACCO G., VALENTINI A., PILLA F., AJMONE-MARSAN P., CREPALDI P. (2015): *Genetic diversity of Italian goat breeds assessed with a medium-density SNP chip*, «Genet Sel Evol», 47, 62.
- PASSAMONTI M.M., ELISA SOMENZI, MARIO BARBATO, GIOVANNI CHILLEMI, LICIA COLLI, STÉPHANE JOOST, MARCO MILANESI, RICCARDO NEGRINI, MONIA SANTINI, ELIA VAJANA, JOHN LEWIS WILLIAMS AND PAOLO AJMONE-MARSAN (2021): *The Quest for Genes Involved in Adaptation to Climate Change in Ruminant Livestock*, «Animals», 11, 2833.
- ROVELLI G., CECCOBELLI S., PERINI F., DEMIRA E., MASTRANGELO S., CONTE G., ABENI F., MARLETTA D., CIAMPOLINI R., CASSANDRO M., BERNABUCCI U., LASAGNA E. (2020): *The genetics of phenotypic plasticity in livestock in the era of climate change: a review*, «Italian Journal of Animal Science», 19:1, pp. 997-1014.
- TOSCHI P., CAPRA E., ANZALONE D.A., LAZZARI B., TURRI F., PIZZI F., SCAPOLO P.A., STELLA A., WILLIAMS J.L., AJMONE MARSAN P., LOI P. (2020): *Maternal peri-conceptual undernourishment perturbs offspring sperm methylome*, «Reproduction», 159, pp. 513-523.
- WEYRICH A., LENZ D., JESCHEK M., CHUNG T.H., RÜBENSAM K., GÖRITZ F., JEWGENOW K., FICKEL J. (2016), *Paternal intergenerational epigenetic response to heat exposure in male Wild guinea pigs*, «Mol Ecol», 25, pp.1729-1740.
- ZHANG Y., XUE X., LIU Y., ABIED A., DING Y., ZHAO S., WANG W., MA L., GUO J., GUAN W., PU Y., MWACHARO J. M., HAN J., MA Y., ZHAO Q. (2021): *Genome-wide comparative analyses reveal selection signatures underlying adaptation and production in Tibetan and Poll Dorset sheep*, «Scientific Reports», 11, 2466.



# Ricerca e formazione per la sicurezza del lavoro e per l'innovazione in agricoltura

9 settembre 2021

## Programma

14.30 - *Saluti istituzionali*

Coordina: Pietro Piccarolo

14.45 - Relazioni

DANILO MONARCA, DOMENICO PESSINA

*Ricerche e prove sulla sicurezza delle macchine agricole*

VINCENZO LAURENDI

*Obsolescenza del parco macchine ed esigenze di innovazione: il ruolo dell'INAIL*

FAUSTA FABBRI, GIANFRANCO NOCENTINI

*Le iniziative di dimostrazione, formazione e informazione in materia di uso in sicurezza delle macchine agricole, prevenzione e tutela della salute e dignità degli operatori agricoli: la strategia della Regione Toscana*

MASSIMO CECCHINI

*Strumenti formativi per la sicurezza del lavoro agricolo*

MARCO VIERI

*Criteri per l'adozione dell'innovazione tecnologica e della digitalizzazione*

17.30 - Conclusione dei lavori

DANILO MONARCA<sup>1</sup>, DOMENICO PESSINA<sup>2</sup>

## Ricerche e prove sulla sicurezza delle macchine agricole

<sup>1</sup> Dipartimento per l'Innovazione dei Sistemi Biologici, Agroalimentari e Forestali, Università degli Studi della Toscana

<sup>2</sup> Dipartimento di Scienze Agrarie e Ambientali, Università degli Studi di Milano

### I. INTRODUZIONE

L'agricoltura moderna non può assolutamente prescindere dall'impiego delle macchine, in particolare del trattore. I progressi della meccanizzazione agricola nel dopoguerra in Italia sono stati straordinari, consentendo la riconversione di gran parte degli occupati, che attualmente sono circa un decimo (912.000, INAIL, 2020) rispetto ai 9 milioni del 1950 (ISTAT). Negli ultimi decenni il concetto di "macchina agricola" ha subito un'evoluzione notevole, basata fondamentalmente sull'incremento delle prestazioni e sul miglioramento delle condizioni di sicurezza e di comfort degli operatori.

Il "salto di qualità" è stato ottenuto anche (o, più probabilmente, soprattutto) grazie al notevole impatto derivante dall'introduzione di numerose normative sulla sicurezza delle macchine, degli impianti e dei luoghi di lavoro: non a caso alcuni Autori l'hanno definita una vera e propria "rivoluzione" (Gasparetto, 1995; Monarca, 1995; Biondi et al., 2002). Le normative e gli standard tecnici di riferimento sono lodevolmente aumentati ogni anno, ma spesso sono apparsi rivolti alle attività produttive in genere (specie quelle industriali). Il settore agricolo si è quindi trovato storicamente piuttosto impreparato e spiazzato nell'applicazione di leggi e decreti di carattere generale, come ad esempio la cosiddetta "Direttiva Macchine" (89/392/CEE), a livello europeo, e il D.Lgs. 626/94 o il precedente D.Lgs. 277/91, nell'ambito nazionale (Gasparetto, 2002). Anche il più recente Testo Unico della sicurezza, il D.Lgs. 81/2008, è apparso come orientato più verso i settori industriali e artigianali, e ancora una volta il settore agricolo ha sofferto più degli altri l'adeguamento ai nuovi obblighi e adempimenti.

Il mondo della ricerca ha invece reagito positivamente allo stimolo e alla sfida. Gli studi sulla sicurezza e sulla salute del lavoro in agricoltura dei primi anni '80 del secolo scorso furono accolti dal settore produttivo in modo tiepido (se non addirittura con un certo scetticismo...), quasi come mere esercitazioni accademiche, nonostante le statistiche già allora da tempo indicassero il comparto agricolo come uno di quelli a maggior rischio di infortuni. Alla luce delle novità introdotte dalle nuove disposizioni di legge, il numero dei ricercatori e delle ricerche nel settore della sicurezza in agricoltura è aumentato considerevolmente, così come le riviste scientifiche dedicate, anche per l'interdisciplinarietà del tema, su cui tipicamente si confrontano progettisti, tecnici, medici del lavoro, psicologi, avvocati. Un ruolo importante nel settore della ricerca lo ha assunto da tempo anche l'Ingegneria Agraria italiana, la cui società scientifica, l'AIIA, dedica una delle sue sezioni alla sicurezza, ergonomia e organizzazione del lavoro in agricoltura.

I rischi in agricoltura, ove con tale accezione si include a livello statistico anche il settore forestale, si suddividono secondo la classificazione INAIL riportata in tabella 1.

A	Rischi per la sicurezza (rischi di natura infortunistica)	strutture, macchine, impianti elettrici, sostanze pericolose, incendio-esplosioni
B	Rischi per la salute (rischi di natura igienico-ambientale)	agenti chimici, agenti fisici, agenti biologici
C	Rischi per la sicurezza e la salute (rischi di tipo "trasversale")	organizzazione del lavoro, fattori psicologici, fattori ergonomici, condizioni di lavoro difficili

Tab. 1 *Classificazione e definizione dei rischi (INAIL)*

## 2. RISCHI PER LA SALUTE

L'entrata in vigore del D.Lgs. 277/91 (poi ripreso dal Testo Unico), ha stimolato dall'inizio degli anni '90 lo sviluppo di molte ricerche sugli agenti fisici. Per il rumore sono stati definiti 3 livelli di esposizione: due valori definiti di "azione" (inferiore di 80 dB(A) e superiore di 85 dB(A)) e il valore "limite" di esposizione, di 87 dB(A). Dalla tabella 2 si evince come i livelli misurati superino ampiamente tali soglie. Analoga considerazione può essere formulata per l'esposizione alle vibrazioni, sia per il corpo intero che per l'insieme mano-braccio. Soprattutto per quest'ultimo ambito, sostanzialmente inerente l'impiego di attrezzi portatili come motoseghe e decespugliatori, le ricerche evidenziano che i valori misurati risultano essere ampiamente superiori a 5 m/s<sup>2</sup>, il valore limite di esposizione giornaliero.

MACCHINA	LEQ, DB(A)
Trattore a ruote (con cabina insonorizzata)	76,0 ÷ 83,0
Trattori a ruote (senza cabina)	88,0 ÷ 98,0
Trattori cingolati	94,0 ÷ 103,0
Mietitrebbiatrici (con cabina insonorizzata)	82,0 ÷ 87,0
Mietitrebbiatrici (senza cabina)	92,4
Motoseghe	99,0 ÷ 108,0
Motopompe	> 90,0

Tab. 2 *Tipici livelli di rumore rilevati su alcune macchine agricole (Monarca et al., 2009)*

Anche il rischio chimico, in particolare le fasi di preparazione e distribuzione dei prodotti fitosanitari, è stato oggetto di indagine già a partire dai primi anni '90, sia per i suoi effetti sulla salute degli addetti che in termini di inquinamento ambientale, puntando sul contenimento della deriva e sulla riduzione delle quantità distribuite (Balsari, 1992; Pascuzzi et al., 2012; Pessina, 2003). Le ricerche hanno riguardato la qualità della distribuzione sul bersaglio, i livelli di rischio in funzione del tipo di trattamento, delle macchine e attrezzature impiegate, della tossicità dei pesticidi, delle condizioni ambientali.

Interessanti anche alcune ricerche sul rischio da polveri aerodisperse nella raccolta con macchine aspiratrici e sulle tecniche per la sua riduzione (Cecchini et al., 2010) e sul rischio da microclima in particolari ambienti di lavoro (lavori in serra, stalle e sale di mungitura, impianti agroindustriali, fig. 1).

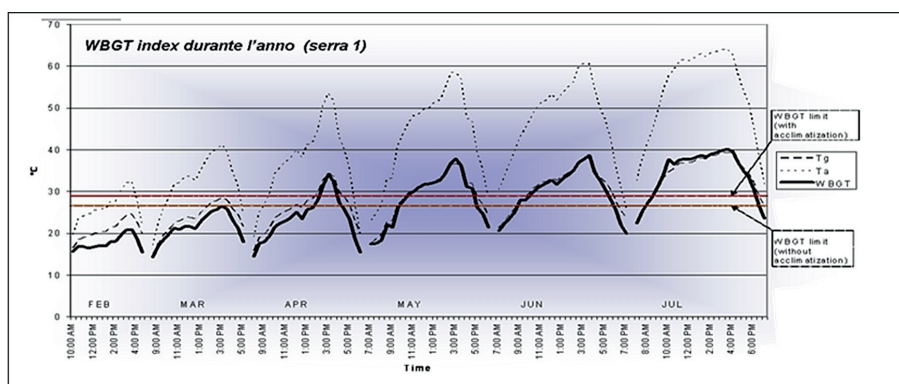


Fig. 1 *Andamento dell'indice WBGT per i lavori in serra (Monarca et al., 2005)*

Attualmente le malattie professionali maggiormente denunciate in agricoltura sono quelle correlate alle patologie dell'apparato muscoloscheletrico, con oltre i 3/4 dei casi (78,4%), seguite dall'ipoacusia professionale, con il 13,0%. In particolare, si è consolidata una maggior consapevolezza degli addetti che le posture scorrette, la movimentazione manuale dei carichi e i gesti ripetitivi sono alla base di patologie ad eziologia multifattoriale. Si sono sviluppati quindi diversi studi sul sovraccarico biomeccanico in alcuni lavori manuali; tra gli autori, D. Colombini, G. Schillaci, R. Gubiani e tanti altri ricercatori hanno fattivamente contribuito in questi anni alle numerose edizioni di *Ragusa SHWA* (Safety, Health and Welfare in Agriculture and Agro-food systems), un congresso internazionale nato nel 2008 dall'intuizione di un gruppo di docenti di Meccanica Agraria, che anche nelle sue diverse edizioni successive si è avvalso della stretta collaborazione con l'Accademia dei Georgofili e il Comitato Consultivo per la Sicurezza presieduto dal prof. Piccarolo (gli atti delle diverse edizioni, tra cui le ultime due svoltesi on-line, sono disponibili sul web, all'indirizzo [www.ragusashwa.it](http://www.ragusashwa.it)).

### 3. RISCHI DI NATURA INFORTUNISTICA

In Italia, il settore agricolo si contende da sempre con quello edilizio il triste primato degli incidenti gravi e mortali sul lavoro. Nell'ultimo quinquennio, il trend degli eventi fatali è stato piuttosto altalenante, ad esempio con 168 casi nel 2015 e 165 nel 2019, e un calo nel 2020 a 113 casi (legato però alla ridotta attività dovuta della pandemia da Covid-19). Il trattore è coinvolto nella gran maggioranza dei decessi, dovuti sostanzialmente a incidenti da ribaltamento, anche se sono stati riscontrati diversi casi di investimento, o di contatto accidentale con organi in movimento (Cecchini e Monarca, 2020; Facchinetti et al., 2021). Tra l'altro, è importante sottolineare che queste tristi cifre si riferiscono solo agli occupati, e non includono i cosiddetti hobbisti, ovvero quei soggetti che nel tempo libero si dedicano all'agricoltura per finalità proprie o di autoconsumo, o che svolgono abitualmente un altro lavoro o ancora che sono pensionati.

La maggior parte degli infortuni da ribaltamento coinvolge trattori privi di ROPS (Roll-over Protective Structure), le strutture di protezione in caso di ribaltamento; purtroppo però molti casi riguardano mezzi che al momento dell'incidente erano effettivamente equipaggiati con un ROPS, ma che questo non era in condizioni di efficienza (Pessina e Facchinetti, 2013). Infatti, sui trattori da vigneto e frutteto come ROPS è spesso installato un roll-bar a due montanti anteriori di tipo abbattibile, dove il suo abbassamento in posizione orizzontale di riposo è ammesso solo per il transito tra i filari e in assenza di

oggettive condizioni di instabilità. Il dispositivo di abbattimento, e di ritorno in posizione verticale di sicurezza, prevede l'utilizzo di perni, a disinserimento (e successivo inserimento) normalmente manuale. Per intervenire, l'operatore deve fermare il trattore e abbandonare il posto di guida per movimentare il roll-bar; si tratta di un'operazione scomoda e faticosa, e quindi male accettata dai trattoristi, che purtroppo molto spesso omettono di riposizionare in sicurezza la struttura di protezione. La corretta gestione del roll-bar anteriore (fig. 2), abbinata al diligente uso della cintura di sicurezza addominale a due punti di attacco, è quindi fondamentale per la prevenzione di questi infortuni.

La ricerca ha portato alla realizzazione di diversi dispositivi in grado di agevolare e/o rendere automatico l'uso del roll-bar anteriore abbattibile. Per limitare lo sforzo richiesto per il sollevamento del telaio, da qualche anno il Codice OCSE 6 (una norma specifica per l'omologazione di questo dispositivo di sicurezza) prevede un requisito specifico, che limita a 100 N (circa 10 kgf) lo



Fig. 2 L'arco a due montanti anteriore mantenuto in posizione verticale di protezione (unitamente alla cintura di sicurezza regolarmente allacciata) è fondamentale per la sicurezza del trattorista in caso di ribaltamento



sforzo necessario per la movimentazione (Pessina et al., 2019). Per rispettare questo limite, senza dubbio ampiamente garantista rispetto alla comune realtà operativa, i costruttori hanno dotato i roll-bar di una o due molle a gas, molto simili a quelle montate sulle comuni autovetture per la movimentazione dei portelloni posteriori. Un'evoluzione di questa soluzione prevede l'abbattimento e il riposizionamento semi-automatico dell'arco, tramite il montaggio (con un kit relativamente semplice ed economico) di cilindri idraulici azionati dal flusso di olio in pressione di una presa idraulica dedicata o utilizzando direttamente una delle prese idrauliche per le applicazioni esterne, già previste di serie sul trattore, nel caso ipotetico di *retrofitting*. Soluzioni ancora più evolute si basano su dispositivi ad azionamento elettro-meccanico (molle ed elettromagneti). Interessanti anche i dispositivi automatici che sollevano in frazioni di secondo il roll-bar al raggiungimento di pendenze laterali e longitudinali pericolose, che si avvalgono di cilindri idraulici coadiuvati da accumulatori di energia ad azoto e/o di piccole cariche pirotecniche che rimuovono i vincoli che trattengono il telaio in posizione retratta. In questi casi, l'insieme è gestito tramite una serie di sensori (accelerometro, inclinometro) e da una centralina di controllo.

Grazie al fondamentale supporto (non solo finanziario) di INAIL e al coinvolgimento di diverse Università e Centri di ricerca (Milano, Tuscia, Palermo, Bari, CREA-IT Treviglio), nel progetto TRACLAS è stato messo a punto un trattore adatto per le coltivazioni specializzate, ma dotato di un ROPS fisso a 4 montanti, riducendo al minimo l'ingombro della macchina, soprattutto in altezza a soli 1600 mm (fig. 3), in modo da non interferire né con la vegetazione né con i sostegni e le impalcature di talune forme di allevamento, superando così il problema della movimentazione del roll-bar anteriore.



Fig. 3 Il trattore compatto messo a punto nel progetto TRACLAS, finanziato da INAIL nell'ambito del bando BRIC



#### 4. SICUREZZA E BENESSERE, OVVERO SALUTE

La sicurezza (sulla quale sono già stati illustrati alcuni aspetti salienti in agricoltura, e in particolare nell'uso di talune macchine) e il benessere degli operatori agricoli sono strettamente connessi, e possono essere riassunti in un unico concetto di «salute» dell'individuo sul luogo di lavoro. Due esempi di seguito per chiarire la connessione.

Se un operatore ha l'opportunità di lavorare in una postazione di lavoro (ad es. il posto di guida di una macchina agricola) confortevole, sarà poco stressato, e quindi riuscirà a mantenere un elevato livello di attenzione nelle sue mansioni per l'intero periodo di attività, scongiurando così il pericolo di incidenti dovuti a stanchezza o disattenzione, specie a fine turno. Se, viceversa, un operatore ha la percezione costante e continuativa di lavorare in un ambiente poco sicuro, il suo livello di stress sarà molto alto. In più, se tale situazione si perpetra nel tempo, il pericolo di insorgenza di malattie di origine professionale (sia di natura fisica che psichica) sarà senza dubbio più elevato.

In effetti, i posti di guida delle moderne macchine agricole (trattori *in primis*) sono spesso definiti dei “salotti tecnologici”: il conducente può agevolmente controllare il mezzo grazie a numerosi comandi e dispositivi di varie genere, ovvero volante, leve, pedali, pulsanti, interruttori, ecc., ma anche monitor, console, joystick, tutti sapientemente collocati in modo ergonomico intorno al suo sedile. Ovviamente, non solo la disposizione e la forza di azionamento dei comandi sono stati ottimizzati, ma anche gli altri principali aspetti del benessere hanno giovato grandemente del progresso tecnico, ovvero la rumorosità, le vibrazioni, il microclima, la visibilità, ecc. Peraltro, persistono ancora alcune criticità tuttora da risolvere, sulle quali è necessario intervenire rapidamente e con efficacia, per garantire a tutti gli operatori le medesime condizioni di benessere sul posto di lavoro (fig. 4).



Fig. 4 I posti di guida delle moderne macchine agricole sono ormai dei veri e propri “salotti tecnologici” (a sinistra), anche se in altre situazioni dell'ambito agricolo persistono delle criticità tuttora da risolvere (a destra)

#### 4.1. *Riduzione del rumore all'orecchio del conducente*

Grazie all'applicazione di una serie di pannelli fonoisolanti e fonoassorbenti e a sofisticate e consolidate tecniche costruttive (per evitare fenomeni di risonanza), le moderne cabine delle macchine agricole semoventi sono ormai sempre ottimamente insonorizzate. Il livello sonoro è ormai ampiamente contenuto entro i limiti normativi. Se, viceversa, non è installata una cabina insonorizzata, quasi sempre è necessario considerare l'uso di un idoneo DPI (Dispositivo di Protezione Individuale), ovvero cuffie o tamponi che, se correttamente e continuativamente indossati, sono in grado di abbattere notevolmente (anche di 20-25 dB(A)) il livello sonoro percepito, e quindi di proteggere efficacemente l'udito del conducente.

Il progresso tecnico propone in questo campo cuffie e tamponi “elettronici”, ovvero che applicano la tecnica della “cancellazione attiva” del rumore. In sostanza, all'interno del DPI è inserito un insieme composto da un microfono, un circuito di cancellazione digitale del rumore e un altoparlante, che genera onde sonore sfasate di 180° rispetto a quelle del rumore esterno, in modo da annullarlo, anche selettivamente. In tal modo è possibile ottenere una riduzione di ben 20 dB(A), corrispondente grosso modo al 70% del rumore ambientale, bloccando al contempo le componenti dannose, e lasciando filtrare solo la parte utile al monitoraggio sonoro del macchinario (fig. 5).

#### 4.2. *Riduzione delle vibrazioni al sedile di guida*

Sui trattori moderni, il «pacchetto» combinato delle sospensioni di sedile, cabina e asse anteriore è in grado di ridurre efficacemente l'input vibrazionale

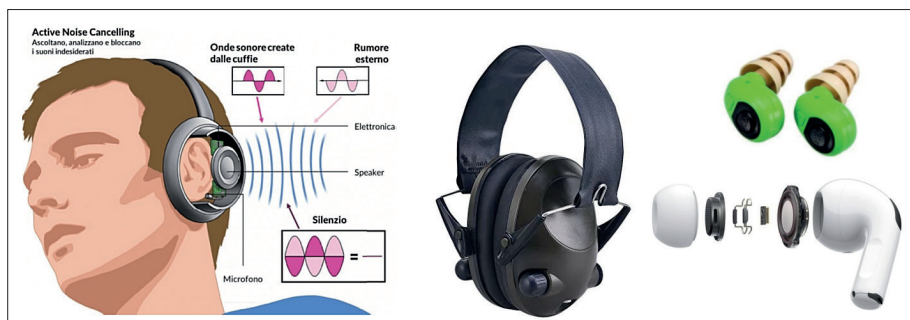


Fig. 5 Con la cancellazione attiva (e selettiva) del rumore è facile ottenere riduzione fino a 20 dB(A) del livello sonoro esterno

al posto di guida (Pessina e Facchinetti, 2019; Peretti et al., 2015). Al top, in tema di comfort, è la soluzione pneumatica, dove è montato un cilindro in neoprene, gonfiato ad aria a una pressione consona tramite un compressore alimentato dal circuito elettrico della macchina, in modo da garantire la più corretta rigidezza, e ridurre così al minimo il livello delle vibrazioni trasmesse all'operatore. Per i sedili, l'evoluzione più recente riguarda la sospensione semi-attiva, dove il cilindro in gomma contiene invece un fluido reologico, all'interno del quale sono diffuse in sospensione particelle ferromagnetiche. Facendo variare elettricamente l'intensità del campo magnetico in cui sono immerse le particelle, è possibile mutare il loro allineamento, e con esso la densità del fluido reologico del cilindro di sospensione. Ciò ne modifica in continuo la rigidezza e quindi, pilotando opportunamente il segnale in funzione del peso del conducente e delle sollecitazioni meccaniche, è possibile agire in controfase, smorzando efficacemente le vibrazioni (fig. 6).

Oltre alla sospensione della cabina, che si avvale delle medesime soluzioni tecniche, quella dell'asse anteriore prevede il suo incernieramento al corpo del trattore tramite robusti bracci sagomati e uno o due cilindri idraulici, integrati da ammortizzatori ad azoto, che hanno la funzione di smorzare gli shock subitanei dovuti al brusco impatto delle ruote con buche, cunette, ecc.

Un'interessante evoluzione tecnica è il montaggio di due semiassi indipendenti a quadrilatero articolato, integrati ognuno da un cilindro idraulico. Ogni sospensione lavora quindi su 4 punti, migliorando la stabilità del trattore grazie a un effetto anti-rollio, poiché il sistema agisce come una molla a rigidità variabile tramite la modulazione della pressione dell'olio nel cilindro. Ulteriore vantaggio di questa soluzione è la funzione "anti dive" (ovvero "anti-affondamento"), che irrigidisce la sospensione in senso longitudinale, in modo da contrastare il trasferimento di peso che si verifica nelle frenate ad

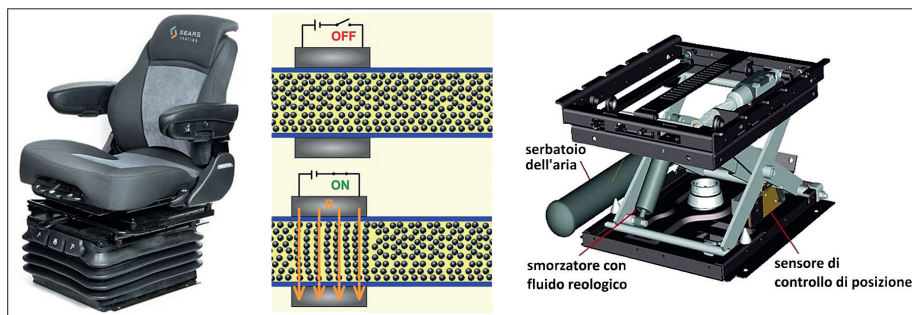


Fig. 6 Nei sedili a sospensione semi-attiva (a sinistra), agisce un fluido reologico con particelle magnetiche in sospensione (al centro), in grado di variarne in continuo la rigidezza (a destra), per smorzare efficacemente le vibrazioni

alta velocità con carichi gravosi, a tutto vantaggio della tenuta di strada e del controllo del veicolo.

#### 4.3. *Visibilità dal posto di guida*

Dati i notevoli ingombri, e ancor di più quelli delle operatrici collegate, è necessario che sul trattore la visibilità sia ottimale non solo frontalmente, ma su tutti i lati del mezzo. Le moderne cabine oggi installate hanno una visibilità (soprattutto laterale) ottimizzata ma, per un'operatività realmente sicura e confortevole, è necessario avere una buona visuale anche verso l'alto; ciò è ottenuto con il montaggio di una (o a volte anche due) botole vetrate o in materiale plastico trasparente, fisse o apribili. Si tratta di una funzione utile per la movimentazione dei carichi sospesi (ad es. per lo stoccaggio delle balle) e per consentire un'adeguata ventilazione dell'abitacolo. La visibilità posteriore in particolare, normalmente si avvale di specchietti retrovisori, oggi di grandi dimensioni, spesso combinati in più elementi, talvolta comandati elettricamente, riscaldati e montati su bracci telescopici, ma comunque sempre ripiegabili, poiché sporgendo dalla sagoma del veicolo sono facilmente soggetti a danneggiamenti per urti contro ostacoli fissi. Anche sui trattori e le grandi operatrici semoventi si è diffuso il montaggio di videocamere e monitor, per poter rendere visibili eventuali zone cieche posteriormente e nell'intorno del macchinario, disponibili anche in *kit* per *retrofit*, e in versione *wireless*.

#### 4.4. *Impianto di illuminazione e segnalazione visiva*

Dalle tradizionali lampade con filamento ad incandescenza, si è passati a quelle alogene e allo xeno, ma la soluzione più moderna riguarda i fari a LED, che generano uno spettro simile alla luce solare, hanno un ridotto consumo elettrico (con un'efficienza di 100-150 lumen/W) e una vita utile estremamente lunga. Sui trattori e le macchine operatrici semoventi di fabbricazione recente sono spesso predisposti allo scopo diversi "pacchetti" opzionali, composti da fari orientabili; oltre alle luci frontali, sul trattore possono essere installate anche delle luci posteriori, finalizzate a rendere ben visibile la zona del sollevatore e della presa di potenza, e laterali, se la miglior visibilità dell'attrezzatura lo richiede.

#### 4.5. I comandi

Il numero molto elevato di comandi di cui è dotato un trattore moderno richiede logiche di progettazione estremamente razionali e “*user friendly*”. Oltre alla collocazione, che deve tener conto della frequenza e della forza necessaria di azionamento, della natura e meccanica del movimento e della distanza dal posto di guida, bisogna considerare attentamente per ogni comando anche la necessità di un riconoscimento sicuro e senza incertezze. Il *joystick* multifunzione (a volte anche più di uno), è un accessorio ormai irrinunciabile, dove viene concentrato il controllo delle funzioni più importanti e ricorrenti nella gestione della macchina. Gli altri comandi sono spesso raggruppati in zone omogenee per funzione. In diversi casi si sfrutta la cosiddetta «logica colore», ad esempio per i comandi dei distributori idraulici, che hanno il medesimo colore delle corrispondenti prese (fig. 7).



Fig. 7 Il joystick multifunzione è un accessorio ormai irrinunciabile, dove viene concentrato il controllo delle più importanti e ricorrenti funzioni nella gestione della macchina. Gli altri comandi sono spesso raggruppati in zone omogenee per funzione, che sfruttano la cosiddetta «logica colore» per un'immediata comprensione del loro azionamento

#### 4.6. *Accesso e discesa dal posto di guida*

Anche per la massima sicurezza di movimento del conducente, i gradini devono essere ampi, consentire una buona presa e avere una conveniente fascia di arresto al piede. L'apertura di accesso, che spesso per ragioni di ingombro talvolta è stretta (specie alla base), non deve essere ostacolata dalla portiera, che quindi deve avere un angolo di apertura particolarmente ampio. Devono essere presenti maniglioni e corrimano adeguatamente dimensionati e conformati, che consentano una presa sicura in tutte le fasi di salita e discesa.

#### 4.7. *Riscaldamento e condizionamento*

Per la superficie vetrata molto ampia e il volume relativamente ridotto, l'abitacolo del trattore è soggetto a un intenso effetto serra (con clima caldo) e a una altrettanto veloce perdita di calore (in caso di basse temperature). Va pertanto curata sia la produzione che la trasmissione dell'aria calda o fresca, tramite impianti adeguatamente dimensionati, e la collocazione di numerose bocchette di uscita, disposte nei punti più opportuni.

#### 4.8. *Filtrazione aria*

L'ambiente agricolo si caratterizza tipicamente per un'elevata polverosità. Oltre alla filtrazione fisica dell'aria, all'interno dell'abitacolo assume però particolare importanza anche la filtrazione chimica, essenziale in occasione dell'esecuzione di trattamenti fitosanitari, e realizzata con filtri a carboni attivi, in grado di trattenere chimicamente i principi attivi dispersi per aerosol. Il loro corretto funzionamento deve prevedere la comprovata efficienza del filtro chimico, che viene stabilita dal costruttore in base ad una predefinita durata e al tempo di utilizzo, ma contestualmente la continua e costante pressurizzazione della cabina, che impedisca l'ingresso di aria inquinata dall'esterno.

#### RIASSUNTO

Le ricerche sulla sicurezza delle macchine agricole sono aumentate notevolmente in Italia a partire dall'inizio degli anni '90 del secolo scorso, anche sulla spinta dell'emanazione



zione delle direttive quadro europee sulla sicurezza del lavoro e delle macchine (89/391/CEE e 89/392/CEE). Da allora, il numero di pubblicazioni e ricerche in argomento è aumentato progressivamente, mentre le direttive citate sono state recepite in Italia con D.Lgs. specifici (come ad esempio il 277/91 e il 626/94), fino all'emanazione del Testo Unico sulla sicurezza (D.Lgs. 81/08). L'attenzione della ricerca si è focalizzata sulla messa a punto di sistemi di protezione attivi e passivi idonei a minimizzare (e possibilmente prevenire) ogni situazione di rischio. Gli studi si sono concentrati in particolare sull'applicazione dei ROPS, le strutture di protezione in caso di ribaltamento, unitamente al montaggio di cinture di sicurezza, e sulle protezioni degli alberi cardanici. Più di recente, oltre ai trattori lo sviluppo della mecatronica e di sensori intelligenti ha permesso di migliorare anche la sicurezza delle grandi macchine operatrici semoventi e, più in generale, di tutte le altre attrezzature agricole. Parallelamente, il panorama delle soluzioni per migliorare il comfort al posto di guida e più in generale aumentare il benessere degli operatori a bordo si è enormemente ampliato, con significativi benefici in tema di rumorosità, vibrazioni, visibilità, microclima, disposizione e forza di azionamento dei comandi, ecc., per un minore stress sia psichico che fisico, a tutto vantaggio del miglioramento del livello di sicurezza attiva nella conduzione di macchine spesso complesse e impegnative da governare.

#### ABSTRACT

*Research and testing on safety of the agricultural machinery.* Research on agricultural machinery safety increased remarkably at the beginning of the 90s of the last century, driven by the coming in force of the European framework directives on safety of machinery (89/391/EEC and 89/392/EEC). Since then, the publications number and researches on the subject have progressively increased, and the directives were implemented in Italy with specific Legislative Decrees (such as 277/91 and 626/94), until the issuance of the consolidated Legislative Decree 81/2008.

The agricultural sector disputes with the construction and manufacturing sectors the gloomy record of accidents at work, especially those serious and fatal. The attention of the research therefore focuses on the development of active and passive protection systems suitable for minimizing (and possibly preventing) any risk situation. The studies focused in particular on the machines stability and the application of ROPS, the protective structures in the event of overturning, together with the assembly of seat belts, and on the PTO shafts safety guards. More recently, other than tractors the development of mechatronics and intelligent sensors has also made it possible to improve the safety of large self-propelled machinery and, more generally, of all equipment. At the same time, the panorama of solutions to improve ergonomics at the driver's seat and more generally increase the well-being of the operators on board has expanded enormously, with significant benefits in terms of noise, vibrations, visibility, microclimate, location and drive force of the controls, etc. This is finalized to create a reduced level of mental and physical stress, to the full advantage of the active safety level in the management of machines often complex and heavy demanding to be driven.

## BIBLIOGRAFIA

- BALSARI P. (1992): *I trattamenti fitosanitari alle colture erbacee*, in «M&MA-IMA Il trattorista», 12, pp. 103-107.
- BIONDI P., CECCHINI M., MONARCA D. (2002): *Le ricerche e le esperienze del settore*, in atti “Convegno Nazionale AIIA” Alghero Sassari, pp. 197-205.
- CECCHINI M., MONARCA D., GUERRIERI M., LINGERO E., BESSONE W., COLOPARDI F., MENGHINI G. (2010): *Dust exposure for workers during hazelnut harvesting*, in Proc. “Ragusa SHWA, Work safety and risk prevention in agro-food and forest systems”.
- CECCHINI M., ZAMBON I., MONARCA D., PICCIONI F., MARUCCI A., COLANTONI A. (2020): *Spatial Analysis for Detecting Recent Work Accidents in Agriculture in Italy*, in “Lecture Notes in Civil Engineering”, 67, pp. 631-643.
- GASPARETTO E. (1995): *Le nuove normative europee*, in atti Giornata di studio su “Adeguamento delle macchine agricole alle norme di sicurezza”, Accademia dei Georgofili - Firenze.
- GASPARETTO E. (2002): *Development of the European Standardisation on agricultural machinery safety*, in Proc. 30<sup>th</sup> International Symposium “Actual Tasks on Agricultural Engineering”, Opatijia, pp. 23-31.
- FACCHINETTI D., SANTORO S., GALLI L.E., PESSINA D. (2021): *Agricultural tractor roll-over related fatalities in Italy : results from a 12 years analysis*, «Sustainability», 2021, vol. 13 (8), pp. 1-14, DOI:10.3390/su13084536.
- MONARCA D. (1995): *Sicurezza sul lavoro, le nuove norme di legge*, «Terra e Vita», 36 (44), pp. 59-62.
- MONARCA D., PORCEDDU P., CECCHINI M., BABUCCI V. (2005): *Microclimate risk evaluation in agroindustrial work environments*, «Rivista di Ingegneria Agraria», 36 (4), pp. 89-93.
- MONARCA D., CECCHINI M., COLANTONI A. (2009): *Strategie ed interventi per il contenimento del rischio da rumore nel settore agroforestale*, in atti convegno “dBA incontri”, 2009.
- PASCUZZI S., RUSSO G., SCARASCIA MUGNOZZA G., VERDIANI G. (2012): *Evaluation of the health risk for the farm workers operating in contaminated sites*, in “International Conference Ragusa SHWA 2012”, Ragusa.
- PERETTI A., COLOSIO C., PESSINA D., et al (2015): *Vibration analysis on agricultural tractors in normal working conditions and in predetermined conditions*, in «Rivista Italiana di Acustica», ISSN:2385-2615.
- PESSINA D. (2003): *Sistema a basso costo ed elevata affidabilità per la misura dell’uniformità di distribuzione delle irroratrici*, in atti convegno “Innovazioni meccanico-impiantistiche per l’agricoltura, l’agro-industria e l’acquacoltura”, Anacapri, pp. 1-10.
- PESSINA D., FACCHINETTI D. (2013): *Fitting and testing of roll over protective structure on self-propelled agricultural machinery*, «Journal of Agricultural Engineering», vol. 44 (2S), pp. 736-741, DOI:10.481/jae.2013.390.
- PESSINA D., FACCHINETTI D. (2016): *Exposure to vibrations in wine growing*, «Journal of Agricultural Engineering», vol. 44 (2S), pp. 675-680, DOI:10.4081/jae.2013.377.
- PESSINA D., FACCHINETTI D., GIORDANO D.M. (2019): *Narrow-Track Agricultural Tractors: a Survey on the Load of the Hand-Operated Foldable Rollbar*, «Journal of Agricultural Safety and Health», vol. 22(4), pp. 275-284. DOI:10.13031/jash.22.11709.



VINCENZO LAURENDI<sup>1</sup>

## Obsolescenza del parco macchine ed esigenze di innovazione: il ruolo dell'INAIL

<sup>1</sup> INAIL – Dipartimento Innovazioni Tecnologiche e Sicurezza degli Impianti, Prodotti e Insediamenti Antropici

### GLI INFORTUNI IN AGRICOLTURA

L'entità del rischio infortunistico in agricoltura, espresso come numero assoluto di eventi per anno, ha avuto, nell'arco di tempo che va dagli anni '50 fino alla fine degli anni '80, un trend tendenzialmente in crescita passando da 50/60.000 casi a oltre 200.000.

Dall'inizio degli anni '90 fino ad oggi si è assistito invece a una decisa inversione di tendenza con un andamento degli infortuni sul lavoro nel settore agricolo significativamente decrescente. In questo momento si contano ogni anno circa 35.000 eventi infortunistici (vedi fig. 1).

Anche per gli infortuni mortali, a partire dagli inizi degli anni '90, si registra un andamento decisamente decrescente (vedi fig. 2).

È importante evidenziare che la forte diminuzione osservata nel periodo 1993-1994 è certamente da attribuire all'estromissione dall'assicurazione obbligatoria, a partire dal 1° giugno 1993, dei lavoratori autonomi abituali per i quali l'attività agricola non è prevalente (art. 14 del DL 20 maggio 1993 n. 155 convertito dalla Legge n. 243 del 19 luglio 1993)<sup>1</sup>. Tale provvedimento

<sup>1</sup> Il provvedimento contiene, all'articolo 14 disposizioni di rilevante importanza in materia di assicurazione contro gli infortuni sul lavoro e le malattie professionali in agricoltura. La lettera b) del citato articolo 14 circoscrive il campo di applicazione della tutela per i lavoratori agricoli autonomi agganciandolo ai criteri e alle modalità previsti dalla legge 26 ottobre 1957, n. 1047 (estensione dell'assicurazione per invalidità e vecchiaia ai coltivatori diretti, mezzadri e coloni) e successive modifiche (principalmente legge 9 gennaio 1963, n. 9). Secondo la modifica intervenuta, pertanto, la tutela infortunistica ricorre nei confronti di: coltivatori diretti, mezzadri e coloni che abitualmente, ossia in maniera esclusiva o prevalente, si dedicano alla manuale coltivazione dei fondi o all'allevamento e al governo del bestiame (articolo 1 della legge n. 1047/1957). Per attività "prevalente" si intende quella che impegni le suddette persone per il

ha, di fatto, determinato il mancato conteggio da parte dell'Inail di una consistente quota d'infortuni.

Di conseguenza, coerentemente con il dettato normativo, nella banca dati Inail non sono ricompresi gli infortuni che avvengono ai lavoratori autonomi abituali per i quali l'attività agricola non è prevalente, vale a dire coloro che svolgono tale attività a titolo hobbistico e i lavoratori autonomi che, pur potendosi considerare a tutti gli effetti coltivatori diretti, svolgono un'altra attività che è prevalente rispetto a quella agricola.

Si fa presente, inoltre, che in taluni casi eccezionali determinate attività agricole sono comprese nella tutela propria della "Gestione Industria" in ragione del modo con cui è svolta l'attività agricola. I casi che rientrano nella tutela industriale sono i seguenti:

- le cooperative e loro consorzi che trasformano, manipolano e commercializzano prodotti propri o dei loro soci;
- le lavorazioni meccanico-agricole eseguite esclusivamente ovvero prevalentemente per conto terzi;
- gli agriturismi se la loro attività è assolutamente indipendente dall'attività dell'azienda agricola.

Gli infortuni sul lavoro accaduti e denunciati all'Inail nella gestione agricoltura nel 2020, al netto di quelli occorsi a lavoratori impegnati in attività agricole comprese nella tutela propria della "Gestione Industria" e dei lavoratori agricoli non professionali, sono stati 26.659 in diminuzione del 19% (6410 casi in meno) rispetto al 2019 (tab. 1). La diminuzione registrata conferma la serie molto positiva che oramai da molti anni caratterizza gli infortuni nel settore agricolo; rispetto al 2015, primo anno della serie analizzata, la diminuzione è stata del 30% con 11.362 casi in meno. Andamento del tutto

---

maggior periodo di tempo nell'anno e costituisca per essi la maggior fonte di reddito (articolo 2 della legge n. 9/1963); appartenenti ai rispettivi nuclei familiari e cioè familiari in senso stretto, parenti e affini entro il quarto grado ed esposti regolarmente affidati che esercitano le medesime attività sugli stessi fondi (combinato disposto degli articoli 1 della legge n. 1047/1957 e 3, comma 2, della legge n. 9/1963). I parenti e affini oltre il quarto grado dovranno essere compresi tra i lavoratori agricoli dipendenti di cui al comma 1, lettera a), dell'articolo 205 del Testo Unico in materia di assicurazione obbligatoria contro gli infortuni sul lavoro approvato con D.P.R. 30 giugno 1965, n. 1124 e successive modificazioni ed integrazioni. Sempre come conseguenza delle innovazioni in esame, due sono le condizioni perché operi la tutela: che l'effettiva prestazione di lavoro del nucleo familiare non sia inferiore a un terzo di quella occorrente per le normali necessità della coltivazione del fondo e per l'allevamento e il governo del bestiame (art. 2, comma 1, della legge n. 9/1963); che il fabbisogno per la coltivazione del fondo sia pari o superiore a 104 giornate lavorative annue per i coltivatori diretti e a 120 per i mezzadri e i coloni (come si desume indirettamente dall'articolo 3, comma 1, della stessa legge).

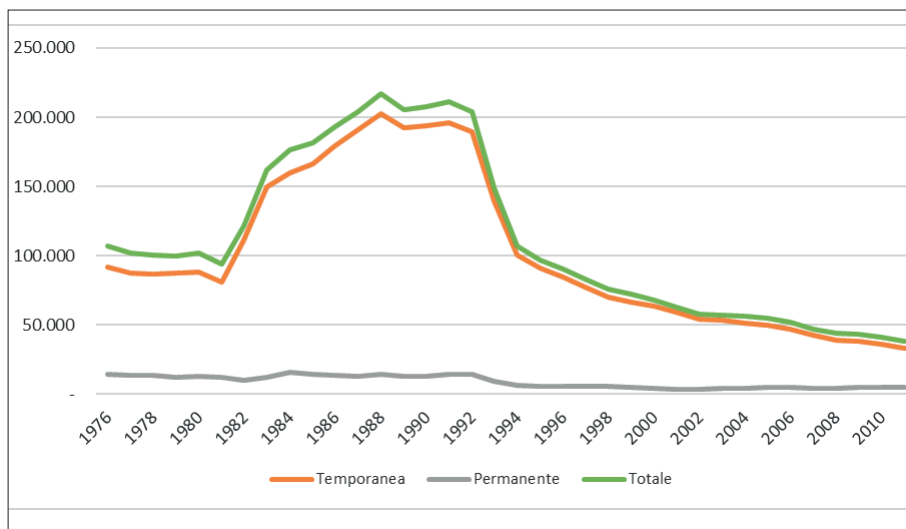


Fig. 1 Agricoltura - Infortuni avvenuti in ciascun anno e definiti a tutto il 31 dicembre dell'anno successivo (Dati Inail). Dal 1° giugno '93, sono esclusi dall'assicurazione obbligatoria i lavoratori autonomi abituali per i quali l'attività agricola non è prevalente (in base alla legge n. 243 del 19 luglio 1993)

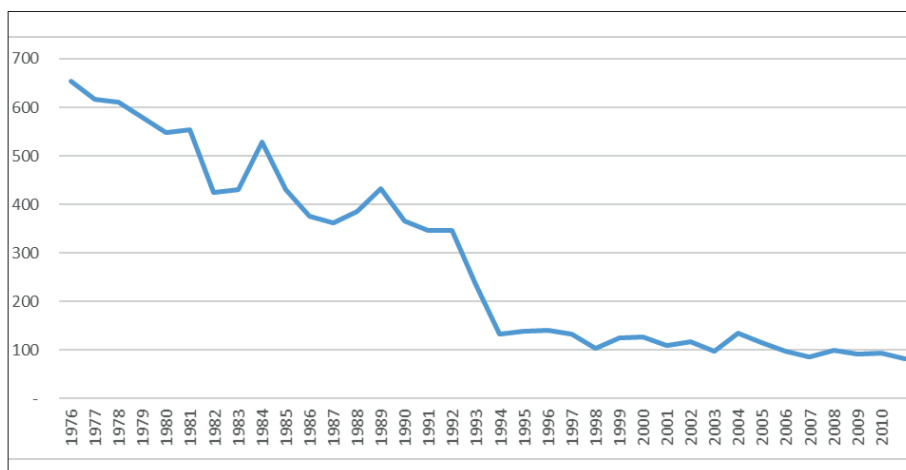


Fig. 2 Agricoltura - Infortuni mortali avvenuti in ciascun anno e definiti a tutto il 31 dicembre dell'anno successivo (Dati Inail). Dal 1° giugno '93, sono esclusi dall'assicurazione obbligatoria i lavoratori autonomi abituali per i quali l'attività agricola non è prevalente (in base alla legge n. 243 del 19 luglio 1993)

simile si riscontra negli infortuni con esito mortale. Le denunce con esito mortale del 2020 sono state 124, in diminuzione del 27% rispetto all'anno precedente (erano 169 nel 2019).

	ANNO DI ACCADIMENTO					
Modalità di accadimento	2015	2016	2017	2018	2019	2020
In occasione di lavoro	36.668	34.816	33.004	32.129	31.399	25.394
Con mezzo di trasporto	570	565	566	564	634	478
Senza mezzo di trasporto	36.098	34.251	32.438	31.565	30.765	24.916
In itinere	1.353	1.391	1.423	1.587	1.670	1.265
Con mezzo di trasporto	1.133	1.185	1.199	1.363	1.399	1.045
Senza mezzo di trasporto	220	206	224	224	271	220
Totale	38.021	36.207	34.427	33.716	33.069	26.659

Tab. 1 *Infortuni denunciati in agricoltura. Analisi per modalità e anno di accadimento*

	ANNO DI ACCADIMENTO					
Modalità di accadimento	2015	2016	2017	2018	2019	2020
In occasione di lavoro	151	131	139	116	141	106
Con mezzo di trasporto	27	23	27	19	35	21
Senza mezzo di trasporto	124	108	112	97	106	85
In itinere	17	18	24	34	28	18
Con mezzo di trasporto	15	18	21	32	24	13
Senza mezzo di trasporto	2	0	3	2	4	5
Totale	168	149	163	150	169	124

Tab. 2 *Infortuni mortali denunciati in agricoltura. Analisi per modalità e anno di accadimento*

Delle 26.659 denunce di infortunio del 2020, 25.394 (il 95%) hanno riguardato eventi in occasione di lavoro, in gran parte senza un mezzo di trasporto coinvolto, e i restanti 1.265 quelli in itinere.

La contrazione complessiva relativa al totale delle denunce di infortunio, registrata negli anni 2015-2020, è da imputare prevalentemente alla modalità in "occasione di lavoro". Si ricorda che l'occasione di lavoro, che attiene all'ambiente lavorativo e alla mansione/professione svolta, è quella su cui risultano più efficaci le politiche di prevenzione, mentre sulla casistica in itinere incidono fattori extraprofessionali, in particolare il rischio da circolazione

stradale. Le stesse considerazioni valgono per gli infortuni con esito mortale, caratterizzati, come già detto, da una maggiore variabilità del dato, anche per la minore consistenza numerica.

Il dato assoluto fin qui riportato, se di per sé rappresenta un elemento importante, da solo non riesce a raffigurare il livello di pericolosità di un settore lavorativo e a contestualizzarlo anche in relazione a possibili analisi comparative tra settori diversi. La misura del rischio infortunistico in termini lavorativi è fornita dal rapporto tra gli eventi lesivi e la base occupazionale. Pertanto è necessario ricondurre i valori assoluti a valori espressi in termini relativi, facendo ricorso alla consistenza e alle dinamiche occupazionali. A tal fine sono stati elaborati specifici indici di incidenza ottenuti dal rapporto tra il numero di infortuni denunciati e numero di lavoratori occupati da fonte Istat.

Giova qui ricordare che gli indici di incidenza hanno soltanto un valore indicativo della tendenza temporale del fenomeno esprimendo quanto “incide” un determinato fenomeno su una certa collettività, ad esempio gli occupati.

L'analisi degli indici di incidenza fa risaltare che nonostante la sensibile riduzione dei tassi infortunistici, l'agricoltura, con oltre 40 denunce ogni mille lavoratori, presenta un indice di incidenza due volte superiore al valore medio della totalità dei settori e anche significativamente più alto dell'indice registrato nel settore delle costruzioni (circa 30 denunce ogni mille lavoratori).

Il tasso di incidenza delle denunce di infortunio con esito mortale durante il lavoro è quadruplo in agricoltura e triplo nelle costruzioni, rispetto a quello medio.

Si ricorda ancora una volta che l'analisi fin qui effettuata è al netto degli infortuni occorsi ai lavoratori agricoli impegnati in attività agricole comprese nella tutela propria della “Gestione Industria” e dei lavoratori agricoli non professionali.

Per ottenere informazioni sugli infortuni che avvengono anche ai lavoratori per i quali non ricorre la tutela assicurativa INAIL, è stato creato un osservatorio sugli infortuni in agricoltura. I dati dell'osservatorio provengono da segnalazioni di organi di sorveglianza territoriale (AUSL), da ricerche sui principali mezzi di informazione (quotidiani e agenzie di stampa), da comunicazioni dell'autorità giudiziaria e così via.

In tabella 3 si riportano i dati degli infortuni mortali e con feriti gravi avvenuti nel 2016, 2017 e 2018 suddivisi per agente materiale.

DATI GENERALI						
	2016		2017		2018	
Macchina/Agente materiale	Mortale	Ferito	Mortale	Ferito	Mortale	Ferito
Alberi e Piante	32	41	25	29	27	66
Albero Cardanico	2	3	3	1	2	2
Animali	1	1	1	7	2	8
Balle di Fieno	5	2	4	2	4	2
Mietitrebbiatrice	1	-	-	7	1	2
Motocoltivatore e Motozappatrice	11	28	12	28	11	33
Motosega	2	39	2	36	4	42
Rimorchio	2	8	-	2	3	3
Rotoimballatrice	1	-	2	5	2	3
Scala	5	16	7	9	6	42
Trattore	114	153	124	132	135	171
Trattorino rasaerba	1	3	2	2	2	4
Altro	20	24	13	22	18	49
Totale	197	318	195	282	217	427

Tab. 3 *Infortuni mortali e con feriti gravi avvenuti nel 2016, 2017 e 2018 suddivisi per agente materiale (fonte osservatorio INAIL sugli infortuni mortali e gravi in agricoltura)*

I dati dell'osservatorio confermano ancora una volta che il trattore è l'agente materiale maggiormente rappresentato; ogni anno il numero di eventi infortunistici mortali che coinvolgono gli operatori addetti alla guida del trattore è superiore alle 120 unità, senza significativi cenni di riduzione.

Si tratta di una cifra importante, senza pari per altre macchine inquadrare dalla normativa come pericolose, ben superiore tra l'altro al dato degli infortuni mortali riconosciuti da INAIL, proprio per la presenza numerosa di figure non assicurate, e che configura una vera e propria emergenza sanitaria.

La dinamica infortunistica maggiormente rappresentata è il capovolgimento del trattore che nella maggioranza dei casi si verifica per sovraccarico, sforzo eccessivo di traino, manovre brusche, eccessiva pendenza del terreno. Le conseguenze per l'operatore risultano spesso volte gravi o talvolta letali se sono utilizzati trattori molto vecchi e non dotati dei necessari apprestamenti tecnici previsti dalle vigenti normative (telai o cabine di tipo ROPS e cinture di sicurezza).

## OBSOLESCENZA DEL PARCO MACCHINE IN AGRICOLTURA

Sulla base delle risultanze dell'Archivio Nazionale veicoli aggiornato a maggio 2019 sono state elaborate le tabelle 4, 5 e 6 nelle quali si riportano il numero di macchine agricole non cessate suddiviso per regione e per categoria, ossia macchine agricole semoventi, macchine agricole trainate e macchine agricole operatrici. Le tipologie costruttive riconducibile alle tre categorie sono esplicitate in ogni singola tabella. Si rammenta che le cessazioni delle macchine agricole sono acquisite in Archivio solo da pochi anni pertanto i dati relativi ai veicoli più anziani devono essere considerate pesantemente distorte per eccesso.

	ANNO DI IMMATRICOLAZIONE					
	NC	< 1983	1984-1995	1996-2018	2019	Totale
Abruzzo	1736	38234	25848	23283	145	89246
Basilicata	161	16754	15077	13474	141	45607
Calabria	194	11160	20398	26058	161	57971
Campania	1450	47562	41262	41950	385	132609
Emilia-Romagna	4 729	116762	44809	61606	792	228698
Friuli-Venezia-Giulia	178	26583	10032	13219	192	50204
Lazio	964	47187	38423	39888	352	126814
Liguria	191	6145	7400	7819	27	21582
Lombardia	3610	75146	42575	64748	533	186612
Marche	379	33274	17656	21346	117	72772
Molise	147	13341	10291	7602	53	31434
Piemonte	3338	74088	48811	76495	727	203459
Puglia	283	36544	28271	46457	493	112050
Sardegna	393	12381	16512	18260	158	47704
Sicilia	493	28009	36363	43325	314	108504
Toscana	3537	55292	35416	48578	372	143185
Trentino Alto Adige	810	12687	18825	32743	412	65477
Umbria	296	25117	13781	17145	106	6445
Valle D'aosta	30	903	2184	2843	19	5979
Veneto	5610	97150	45891	65988	793	215432
Totale	28529	774309	519825	672827	6294	2001784

Tab. 4 *Consistenza delle macchine agricole semoventi non cessate al 17 maggio 2019. Nella categoria macchine agricole semoventi sono ricomprese le seguenti tipologie costruttive: telaio per rimorchi agricoli, trattrice agricola a due ruote motrici, trattrice agricola a 4 ruote motrici, trattrice agricola cingolata, trattrice agricola snodata, mietitrebbiatrice e motoagricola*

	ANNO DI IMMATRICOLAZIONE					
	NC	< 1983	1984-1995	1996-2018	2019	Totale
Abruzzo	290	4047	8209	11691	91	24328
Basilicata	34	2713	3348	4524	44	10663
Calabria	38	1804	3890	8254	91	14077
Campania	249	6361	8433	154289	188	30659
Emilia-Romagna	1278	24491	21829	28495	257	76350
Friuli-Venezia-Giulia	90	14515	6341	8462	100	29508
Lazio	102	5519	11560	17348	176	34705
Liguria	16	329	1289	2272	12	3918
Lombardia	1107	18089	17220	31404	185	68005
Marche	70	1414	8871	9212	42	19609
Molise	13	2016	3693	4449	23	10194
Piemonte	1292	26782	24718	40304	315	93411
Puglia	71	8447	5992	13998	120	28628
Sardegna	158	4158	5264	6001	60	15641
Sicilia	75	5327	6785	14579	150	26916
Toscana	814	12832	13742	18931	120	46439
Trentino Alto Adige	390	9188	13592	21454	219	44843
Umbria	75	5447	7669	7863	35	21089
Valle D'aosta	6	182	1165	1628	12	2993
Veneto	1933	37341	23787	36604	416	100081
Totale	8101	191002	197397	302902	265E	702057

Tab. 5 *Consistenza delle macchine agricole trainate non cessate al 17 maggio 2019. Nella categoria macchine agricole trainate sono ricomprese le seguenti tipologie costruttive: rimorchio agricolo asse motore, rimorchio agricolo botte, rimorchio agricolo cassone, rimorchio agricolo cassone ribaltabile, rimorchio agricolo con apparecchiatura, rimorchio agricolo pianale*

Da una prima analisi dei dati emerge che, a fronte di circa 2.781.000 macchine facenti parte del parco circolante, almeno 1/3, circa 994.000, è stato registrato nell'Archivio Nazionale veicoli prima del 1983.

Per la sola consistenza del solo parco trattoristico è possibile fare riferimento alle iscrizioni delle macchine agricole presso gli uffici ex UMA necessarie per l'ottenimento del carburante agricolo con agevolazione fiscale. Sulla base di tali dati e limitatamente alle problematiche di sicurezza connesse con il pericolo di capovolgimento, principale causa di infortuni sia in campo che su strada pubblica è stata elaborata la tabella 7, nella quale sono stimate le consistenze



numeriche dei trattori per i quali risulta necessario intervenire con l'installazione di sistemi di ritenzione del conducente (cinture di sicurezza) e dispositivi di protezione in caso di capovolgimento (strutture di protezione ROPS).

	ANNO DI IMMATRICOLAZIONE					
	NC	< 1983	1984-1995	1996-2018	2019	Totale
Abruzzo	108	411	451	237	5	1212
Basilicata	42	286	216	282	2	828
Calabria	6	35	162	601	3	807
Campania	430	1290	838	822	15	3395
Emilia-Romagna	942	6354	5763	3010	51	16120
Friuli-Venezia-Giulia	347	1458	322	365	5	2497
Lazio	290	1122	708	1583	16	3719
Liguria	120	79	119	132	1	
Lombardia	1759	3612	3707	2793	23	11894
Marche	212	561	906	643	7	2329
Molise	121	1011	395	80	2	1609
Piemonte	1682	2352	1088	1493	29	6644
Puglia	15	279	342	1532	9	2177
Sardegna	7	115	285	279	1	687
Sicilia	147	431	269	326	2	2175
Toscana	375	1342	716	823	6	3262
Trentino Alto Adige	98	624	518	303	8	1551
Umbria	169	557	420	590	1	1737
Valle D'aosta		17	209	97	1	324
Veneto	2294	6621	3313	2426	44	14698
Totale	9164	28557	20747	18417	231	77116

Tab. 6 *Consistenza delle macchine agricole operatrici non cessate al 17 maggio 2019. Nella categoria macchine agricole trainate sono ricomprese le seguenti tipologie costruttive: atomizzatore, falciatrice, falcia-condiziona-andanatrice, falcia-trincia-caricatrice, macchina agricola operatrice trainata, scavabietola, motocoltivatore, motofalciatrice, motoranghinatore, motoseminatrice, motozappatrice*

I valori riportati in tabella sono stati stimati tenendo conto che:

- i trattori immessi sul mercato prima del 1974 non erano dotati di cinture di sicurezza e strutture di protezione in caso di capovolgimento ROPS;

- i trattori a ruote a carreggiata stretta cominciano a essere immessi sul mercato dotati di strutture di protezione in caso di capovolgimento ROPS a partire dalla seconda metà degli anni '80, solo dopo l'emanazione della direttiva 86/298/CEE e della direttiva 87/402/CEE che definiscono i metodi di prova per strutture di protezione in caso di capovolgimento ROPS da installarsi su trattori a ruote a carreggiata stretta;
- i trattori a cingoli immessi sul mercato prima del 1988 non erano dotati di cinture di sicurezza e strutture di protezione in caso di capovolgimento ROPS. Difatti solo nel 1988 è stato raggiunto un accordo fra i costruttori italiani aderenti all'UNACOMA affinché su tutti i nuovi esemplari di trattore a cingoli fossero installati strutture di protezione in caso di capovolgimento ROPS. Sulla base di tale accordo può considerarsi presumibile che solo dopo il 1991 le strutture di protezione in caso di capovolgimento ROPS sono installate in maniera sistematica su tutti i trattori a cingoli;
- una parte dei trattori immessi sul mercato dopo il 1998 sono dotati di sedili predisposti con attacchi per cinture di sicurezza;
- i trattori immessi sul mercato dopo il 2005 sono dotati di cinture di sicurezza.

Pertanto sulla base dei dati in tabella e considerata una percentuale di dismissione pari al 20%, valore questo stimato dal GdL nazionale Inail, è possibile presumere che il parco nazionale trattori conti:

- circa 668.000 esemplari sprovvisti di strutture di protezione in caso di capovolgimento. Il valore predetto risulta essere sottostimato per effetto della mancanza di dati relativi agli esemplari di trattori a ruote a carreggiata stretta che dal 1974 fino alla seconda metà degli anni '80 sono stati immessi sul mercato per la maggior parte sprovvisti di strutture di protezione in caso di capovolgimento, della mancanza di dati relativi agli esemplari a cingoli che dal 1988 e fino al 1991 sono stati immessi sul mercato sprovvisti di struttura di protezione e della categoria di trattori T3 che come è noto ancora oggi sono immessi sul mercato mancanti della predetta struttura di protezione;
- circa 1.240.000 esemplari sprovvisti di strutture di cinture di sicurezza. Il valore predetto risulta essere sottostimato per effetto della mancanza di dati relativi alla effettiva consistenza dei trattori che a partire dal 1998 sono stati immessi sul mercato senza cintura di sicurezza.

I valori di cui sopra non tengono evidentemente conto degli esemplari di trattori adeguati successivamente all'emanazione delle linee guida INAIL. Difatti i soggetti obbligati hanno cominciato ad adeguare i trattori in numero significativamente importante solo a partire dal 2009. Pertanto sulla base delle

informazioni pervenute dai costruttori di strutture di protezione è possibile affermare che un numero di esemplari vicino a 100.000 è stato oggetto di adeguamento con l'installazione di strutture di protezione, un numero significativamente più alto ha riguardato le cinture di sicurezza.

TRATTORI A RUOTE			
Consistenza trattori	N.	Situazione Cinture di sicurezza	Situazione strutture di protezione ROPS
A tutto il 1973	560.000	Sprovvisi di cinture di sicurezza	Sprovvisi di strutture di protezione
1974-1997	680.000	Sprovvisi di cinture di sicurezza	Provvisi di strutture di protezione solo i trattori a carreggiata standard
1998 - 2002 *	163.000	Solo una parte dei modelli di trattori è dotata di sedili predisposti con punti di attacco per cinture di sicurezza	Provvisi di strutture di protezione
Dal 2005		Provvisi di cinture di sicurezza	Provvisi di strutture di protezione
TRATTORI A CINGOLI			
Consistenza trattori	N.	Situazione Sistemi di ritenzione per il conducente	Situazione telai di protezione
A tutto il 1987	275.000	Sprovvisi di cinture di sicurezza	Sprovvisi di strutture di protezione
1988-1997	35.000		Provvisi di strutture di protezione
1998-2002 *	30.000	Solo una parte dei modelli sono dotati di sedili predisposti con punti di attacco per cinture di sicurezza	Gran parte provvisi di strutture di protezione
Dal 2005		Provvisi di cinture di sicurezza	Provvisi di strutture di protezione
* la stima si ferma al 2002 in quanto non si conoscono i dati relativi alle immissioni sul mercato dal 2003 a tutto il 2004.			

Tab. 7 *Stima del parco trattori in relazione alla mancanza di strutture di protezione in caso di capovolgimento e di cinture di sicurezza*

#### GLI INTERVENTI DI PREVENZIONE DELL'INAIL

Stante il quadro infortunistico sopra delineato è stata fortemente sentita da parte dell'INAIL la necessità di intervenire con interventi di prevenzione mirati a ridurre gli infortuni connessi con l'uso di macchine. Di particolare rilievo sono le attività mirate a:

- fornire ai soggetti obbligati particolareggiate informazioni tecniche per l'adeguamento delle macchine agricole o forestali in servizio e che presentano una incidenza infortunistica significativa;
- sostenere economicamente le imprese;
- supportare le attività del PNPAS – Piano nazionale per la prevenzione in agricolture e selvicoltura.

### *Adeguamento delle macchine agricole*

L'adeguamento dei trattori e delle macchine agricole o forestali ai requisiti di sicurezza delle attrezzature di lavoro previsti al punto 2.4 della parte II dell'allegato V del D.Lgs. 81/08 presenta notevoli punti di criticità connessi soprattutto ai vincoli di natura tecnica, per la presenza sul territorio di un parco macchine estremamente diversificato, e procedurale, relativi soprattutto ai vincoli determinati dal processo di omologazione cui erano stati sottoposti i trattori e le macchine all'atto della prima immissione sul mercato.

Sulla base di quanto sopra, l'INAIL, su richiesta del Coordinamento tecnico interregionale della prevenzione nei luoghi di lavoro, del Ministero del Lavoro e delle Previdenza Sociale e del Ministero dello Sviluppo Economico, ha istituito specifici gruppi di lavoro di portata nazionale con l'obiettivo di fornire utili informazioni tecniche per l'adeguamento.

A tali gruppi di lavoro partecipano, con propri rappresentanti, il Coordinamento tecnico interregionale della prevenzione nei luoghi di lavoro, il Ministero del Lavoro e delle Previdenza Sociale, il Ministero dello Sviluppo Economico, il Ministero dei Trasporti, il Ministero delle Politiche Agricole Alimentari e Forestali, le associazioni di categoria del settore ed esperti del mondo accademico e industriale.

I Gruppi di Lavoro, partendo dai risultati di studi e ricerche realizzate sull'argomento dall'INAIL, hanno prodotto linee guida e documenti tecnici all'interno di quali sono fornite le informazioni necessarie a realizzare e installare gli apprestamenti tecnici previsti dalla norma atti a garantire la sicurezza degli operatori addetti all'uso di trattori e macchine. Le linee guida e i documenti tecnici, approvati con apposite circolari dal ministero del lavoro e delle politiche sociali, rappresentano lo strumento attraverso il quale si porta a compimento, nella forma e nella sostanza, il complesso percorso necessario per l'adeguamento del parco macchine circolante ai requisiti di sicurezza previsti dall'allegato V al D. Lgs. 81/08. Le linee guida e i documenti tecnici sono consultabili nel sito INAIL alla pagina dedicata alle linee guida tecniche.

*Sostegno economico alle imprese*

In applicazione di quanto delineato nell'art. 11, comma 5, del d.lgs.81/08, l'Istituto ha introdotto meccanismi di incentivazione per il miglioramento continuo delle misure di prevenzione e protezione come auspicato dalla normativa vigente: è stato un atto di grande lungimiranza del legislatore, che, nel sostenere anche economicamente la sicurezza nei luoghi di lavoro, ha mostrato di comprendere l'efficacia di questo nuovo modello, in grado di produrre effetti positivi non solo in termini di costi umani e sociali, ma anche di miglioramento concreto delle condizioni di lavoro e della produttività aziendale.

Il programma degli incentivi alle imprese – il sistema di finanziamento ISI – partito con una edizione sperimentale nel 2010, è ormai un programma strutturale dell'Istituto e in un panorama di recessione economica come quello attuale, sostiene parallelamente il rilancio dell'economia del Paese.

In aggiunta ai bandi ISI e in linea di coerenza con gli obiettivi del Civ (Comitato di indirizzo e vigilanza), inoltre, l'Inail ha emesso nel 2014, un bando specifico di finanziamento alle imprese anche per l'adeguamento dei trattori agricoli o forestali (bando FIPIT), ai requisiti di sicurezza dell'allegato V al d.lgs. 81/2008 e s.m.i., come intervento di sistema a valenza nazionale, traendo anche spunto da alcune analoghe iniziative a livello regionale.

Inoltre la legge di stabilità prevede, con effetto dal 10 gennaio 2016, la costituzione presso l'Inail di un fondo di 45 milioni di euro per il 2016 e di 35 milioni di euro annui a decorrere dal 2017, destinato a finanziare gli investimenti per l'acquisto o il noleggio con patto di acquisto di trattori agricoli o forestali o di macchine agricole e forestali, caratterizzati da soluzioni innovative finalizzate all'abbattimento delle emissioni inquinanti, al miglioramento del rendimento e della sostenibilità globali delle aziende agricole, alla riduzione del rischio rumore e del rischio da infortuni attraverso la rottamazione di trattori e macchine vetuste.

A detto fondo possono accedere le micro e le piccole imprese operanti nel settore della produzione agricola primaria dei prodotti agricoli, attraverso la risposta all'avviso pubblico ISI Agricoltura, emesso per la prima volta nel dicembre 2016.

*Supporto al PNPAS – Piano Nazionale per la Prevenzione in Agricoltura e Selvicoltura*

I piani nazionali sono configurabili come un insieme di azioni di sistema partecipate da Ministeri, Regioni, Inail e Parti sociali e rappresentano un

esempio di condivisione divenuta nel tempo la scelta di fondo delle politiche di prevenzione che si trovano declinate negli Atti di indirizzo del Comitato ex art. 5 per l'anno 2012 e 2014, nell'ambito delle "Proposte della Commissione consultiva permanente per una strategia nazionale di prevenzione degli infortuni e delle malattie professionali" e nell'articolazione degli obiettivi dell'attività di vigilanza in materia di sicurezza dei Comitati regionali di coordinamento.

Anche il Piano nazionale di prevenzione (PNP) 2014-2018, emanato il 13 novembre 2014 conferma tra i settori più critici, in termini di numerosità e gravità del fenomeno infortunistico e tecnopatico, l'agricoltura e l'edilizia, oggetto di due dei cinque Piani nazionali tematici. Sulla base della definizione delle specifiche aree di intervento delineate dal Comitato e dalla Commissione sopra citati, l'Inail è coinvolto nello sviluppo e gestione dei piani, esplicando il proprio ruolo con attività di informazione, formazione e assistenza.

In particolare l'Istituto sostiene i piani attraverso lo sviluppo di sistemi informativi integrati, quali attività informativo-divulgative e mediante il supporto dei propri esperti per la redazione di linee guida e buone prassi.

In particolare, per ciò che concerne il Piano nazionale agricoltura e selvicoltura, le sue radici risiedono nel progetto "Promozione della salute e sicurezza nelle attività agricole, zootecniche e forestali – Piano 2008 - 2010" del Centro per la prevenzione ed il controllo delle malattie (CCM) che prevedeva i seguenti obiettivi principali: sistematizzare e standardizzare l'attività di vigilanza, sviluppare un sistema di monitoraggio delle dinamiche di infortunio, diffondere conoscenze tecniche per gli operatori Asl, individuare e promuovere soluzioni tecniche.

Il Piano, approvato dalla Conferenza delle Regioni e delle Province autonome, attua gli indirizzi declinati nel "Patto per la tutela della salute e la prevenzione nei luoghi di lavoro" (d.p.c.m. 17/12/2007) e individua tra i progetti finalizzati allo sviluppo di attività nell'ambito della prevenzione nei luoghi di lavoro, la programmazione di azioni mirate a ridurre il rischio infortunistico nel comparto dell'agricoltura e della selvicoltura. Esso prevede l'effettuazione di interventi ispettivi da parte delle Asl in tutte le regioni e province autonome, il coordinamento e l'integrazione dei diversi progetti regionali e la realizzazione di alcuni specifici obiettivi nazionali che coinvolgono la totalità del territorio.

Gli obiettivi nazionali comprendono:

- la creazione in tutte le Asl/Ausl di un'anagrafe aggiornata delle aziende agricole (anche in relazione al suo possibile inserimento nel SINP - Sistema Informativo Nazionale per la Prevenzione); l'attivazione di programmi

per la riduzione dei rischi più gravi (ad es. trattori e altre attrezzature di lavoro, percorsi protetti nelle stalle, ecc.);

- l'attivazione di una campagna di controllo dell'applicazione della normativa di sicurezza anche in sede di commercio di macchine, nuove e usate, di noleggio e concessione in uso di attrezzature di lavoro;
- la realizzazione di campagne di adeguamento delle attrezzature di lavoro ai requisiti di sicurezza di cui all'allegato V al d.lgs. 81/2008 e s.m.i.;
- la partecipazione alla definizione di idonei criteri per garantire l'inserimento di requisiti di sicurezza e salute sul lavoro nelle misure dei Piani di sviluppo rurale e in altre misure di finanziamento agevolato;
- la formazione per gli operatori pubblici di prevenzione nei luoghi di lavoro;
- la formazione dei lavoratori agricoli;
- la diffusione a livello nazionale di buone prassi relative a tematiche complesse; la produzione di materiali divulgativi e manuali.

La realizzazione delle iniziative programmate nel Piano ha consentito di addivenire alla costituzione di una rete organizzata formata con le Regioni attraverso cui far circolare informazioni, metodologie e percorsi comuni da applicare alla prevenzione di infortuni e malattie professionali nel comparto agricoltura e alla condivisione di un approccio comune alle attività di promozione e assistenza sul territorio nazionale sui temi della salute e sicurezza nello stesso comparto.

FAUSTA FABBRI<sup>1</sup>, GIANFRANCO NOCENTINI<sup>2</sup>

## Le iniziative di dimostrazione, formazione e informazione in materia di uso in sicurezza delle macchine agricole, prevenzione e tutela della salute e dignità degli operatori agricoli: la strategia della Regione Toscana

<sup>1</sup> Dirigente Settore “Consulenza, formazione e innovazione” della Regione Toscana

<sup>2</sup> Responsabile “P.O. Sostegno all’innovazione nel settore agricolo, agroalimentare e forestale” della Regione Toscana

### INTRODUZIONE

L’Agricoltura è un’attività primaria della Regione Toscana, sia dal punto di vista economico, che da quello sociale e occupazionale, nonché per la gestione sostenibile del territorio regionale.

Purtroppo, l’agricoltura rappresenta anche uno dei settori più a rischio per quanto concerne la sicurezza sul lavoro. In Toscana nel periodo 2014-2018 il 29% degli infortuni mortali sono ascrivibili a questo settore e la principale causa degli incidenti è determinata dall’uso delle macchine agricole (Studio Inail, 2020).

Troppo spesso le dinamiche di questi incidenti dimostrano come l’aspetto comportamentale degli operatori rappresenti un elemento di forte criticità, spesso in combinazione all’uso di macchine agricole non adeguate in riferimento alle attuali norme di sicurezza.

Gli usi impropri delle macchine e la scarsa percezione del rischio sono aspetti che incidono drasticamente sulla sicurezza degli operatori. Se da un lato i giovani operatori inesperti si trovano troppo disinvoltamente a dover utilizzare macchine agricole negli svariati allestimenti e in molteplici contesti operativi, dall’altro, gli operatori più esperti hanno acquisito nel tempo quella eccessiva confidenza con il mezzo che ne riduce drasticamente la percezione del rischio nell’uso dello stesso.



Inoltre si rileva anche il rischio di una “formazione depotenziata”, a causa della scarsa preparazione dei formatori e dell’assenza di luoghi idonei a svolgere l’attività pratica.

Il rispetto delle norme di sicurezza sul lavoro e le attività di prevenzione costituiscono le condizioni indispensabili per una corretta conduzione dell’azienda agricola e/o forestale.

La formazione (continua), l’informazione e la dimostrazione, soprattutto nell’ambito della sicurezza nell’uso delle macchine agricole, assumono pertanto un’importanza strategica al fine di tutelare la sicurezza e la salute degli operatori.

Negli ultimi anni la Regione Toscana, consapevole dell’importanza della sicurezza nell’uso delle macchine agricole e della salute e della dignità dei lavoratori agricoli, ha sviluppato ulteriormente le attività in essere in una strategia condivisa tra le direzioni (Direzione Agricoltura e Sviluppo Rurale, Direzione Istruzione Formazione Ricerca Lavoro e Direzione Sanità, Welfare e Coesione Sociale) / settori/agenzie competenti della Regione, Soggetti scientifici, Inail, INPS, Organizzazioni Professionali Agricole (OO.PPAA) e rappresentanze sindacali.

In sintesi le principali attività attivate dalla Regione Toscana hanno riguardato:

1. la realizzazione nel 2020 di un “Progetto pilota di certificazione di formatori qualificati mediante corsi di formazione per formatori che operano nell’ambito della sicurezza delle macchine agricole”;
2. la sottoscrizione di un “Accordo di collaborazione per attività condivise di dimostrazione, formazione e informazione in materia di uso in sicurezza delle macchine agricole, prevenzione e tutela della salute e dignità degli operatori agricoli”;
3. l’approvazione anche per l’annualità 2021 del “Protocollo sperimentale contro il caporalato e lo sfruttamento lavorativo in agricoltura”.

#### I. PROGETTO PILOTA DI CERTIFICAZIONE DI FORMATORI QUALIFICATI MEDIANTE CORSI DI FORMAZIONE PER FORMATORI CHE OPERANO NELL’AMBITO DELLA SICUREZZA DELLE MACCHINE AGRICOLE

La Regione Toscana – Assessorato Agricoltura e foreste, a seguito della Delibera di Giunta Regionale della Toscana (GRT) n. 389 del 25/03/2019, ha stipulato in data 03/04/2019 un protocollo d’intesa con l’Accademia dei Georgofili, nell’ambito del quale all’art. 2 è prevista, tra l’altro, anche “La diffusione della cultura della sicurezza sul lavoro tra gli operatori agricoli”.

Con la Delibera della GRT n. 540 del 23 aprile 2019, la Direzione Agricoltura e Sviluppo Rurale ha attivato il “Progetto pilota di certificazione di

formatori qualificati mediante corsi di formazione per formatori che operano nell'ambito della sicurezza delle macchine agricole" finalizzato a dare una risposta concreta alla grave carenza dell'offerta formativa avanzata, che troppo spesso è insufficiente per un comparto come quello agricolo, dove gli incidenti si mantengono negli anni costantemente a livelli molto alti e spesso con conseguenze mortali.

Obiettivo del progetto è stato quello di cercare di colmare il vuoto relativo alla assenza di tali figure professionali che invece si ritengono fondamentali per il trasferimento di conoscenza e di competenza qualificata agli operatori del settore.

Il progetto pilota è stato promosso dall'Accademia dei Georgofili, nell'ambito del suddetto protocollo d'intesa con Regione Toscana, ha trovato il sostegno finanziario di Inail Direzione Toscana e Regione Toscana – Direzione Agricoltura e Sviluppo Rurale e ha visto il coinvolgimento del Laboratorio AgriSmartLab del DAGRI - Università degli Studi Firenze, di CAI (Confederazione Agromeccanici e Agricoltori Italiani), di ENAMA (Ente Nazionale per la Meccanizzazione Agricola) e di Ente Terre Regionali Toscane.

Nell'ambito delle attività del progetto pilota, nel primo semestre 2020 è stato messo a punto e realizzato un corso di formazione per formatori con approccio innovativo della durata di 48 ore, articolato in sei giornate di formazione consistite nell'illustrazione dei diversi aspetti tecnici, legislativi, normativi e organizzativi nella gestione della sicurezza nelle operazioni meccanizzate agricole e in particolare nell'uso dei trattori.

Il corso, incentrato particolarmente sugli aspetti pratici di conduzione e gestione in sicurezza delle macchine agricole, ha visto la partecipazione di tecnici, già formatori, segnalati dalle principali categorie economiche e professionali del settore agricolo della Toscana (OO.PP.AA., Organismi del movimento cooperativo, Ordini e collegi professionali del settore agricolo) su richiesta specifica della Regione Toscana – Direzione Agricoltura e sviluppo rurale.

Il corso pilota è stato sviluppato attraverso la realizzazione "in campo", di moduli specifici per affrontare le diverse problematiche di sicurezza nell'uso delle principali macchine agricole.

Tali moduli sono stati costruiti sulla base di tre diversi scenari:

- uso in sicurezza di macchine agricole nella viticoltura collinare;
- nelle coltivazioni di pieno campo, con specifico riferimento alle grandi macchine;
- casi critici nell'uso del trattore.

I moduli prodotti sono stati sedici, divisi in specifiche argomentazioni: dalle verifiche generali di sicurezza e documentazioni necessarie per l'uso delle

macchine, alle diverse condizioni di uso del trattore a ruote e a cingoli con alcune tipologie di macchine operatrici in fase operativa e di aggancio e sgancio delle attrezzature.

In considerazione dell'approccio pratico del corso di formazione è stato indispensabile individuare strutture aziendali agricole in grado di ospitare e supportare le attività da svolgere "in campo" con le macchine agricole.

A questo riguardo le attività di formazione si sono svolte presso la Tenuta agricola di Cesa (AR) e la Tenuta agricola di Suvignano (SI), in gestione ad Ente Terre Regionali Toscane, e presso il Centro di Formazione Regione Toscana "La Pineta" a Tocchi (Monticiano - SI). Tali strutture regionali svolgono attività di sperimentazione, dimostrazione e formazione in campo agricolo e dispongono di personale adeguatamente preparato, di varie tipologie di macchine agricole, con la possibilità di utilizzarle in campo anche per le attività di formazione e addestramento.

Ciascun partecipante al corso ha affrontato e superato le prove teoriche e pratiche previste in ogni modulo e un esame finale di idoneità. Il 3 luglio 2020 a Tocchi, presso il Centro di Formazione Regione Toscana "La Pineta", alla conclusione del corso di formazione sono stati consegnati agli otto partecipanti al corso gli attestati di "Formatore esperto nell'uso in sicurezza delle macchine agricole", rilasciati dall'Università di Firenze e da ENAMA nell'ambito delle attività del progetto pilota.

Questi rappresentano un primo nucleo di formatori qualificati in ambito regionale, che possono per le loro attività professionali (formazione e consulenza) trasferire ulteriormente le competenze acquisite agli operatori del settore agricolo e forestale.

Il formatore esperto qualificato è infatti una figura altamente specializzata che ha seguito un preciso iter di alta formazione nel settore della meccanizzazione agricola e ha un ruolo fondamentale nel trasferimento di conoscenza e di competenza qualificata agli operatori del settore. Se con la ricerca lavoriamo alla messa a punto di macchine, attrezzature e dispositivi che incrementino livelli di sicurezza per l'utilizzatore, con la formazione si favorisce quel processo di sensibilizzazione volto a informare, formare e addestrare l'operatore all'uso corretto delle macchine. Il formatore, in tal senso, dovrà essere abile nel riportare la propria esperienza, soprattutto pratica, utilizzando un linguaggio comprensibile per l'agricoltore, il quale dovrà sentirsi stimolato a riflettere sul proprio operato nel momento in cui utilizza macchine e attrezzature. Migliorare l'approccio comportamentale degli operatori è strategico per prevenire incidenti nell'uso delle macchine agricole.

Il progetto pilota, con la realizzazione del corso di formazione, ha messo a punto un protocollo formativo teorico e pratico che potrà essere utilizzato dai

formatori, per offrire una reale opportunità di innalzare il livello di capacità e consapevolezza degli utilizzatori di tali mezzi, nei diversi contesti operativi.

L'eccellente risultato raggiunto con l'attività di formazione ha avuto come conseguenza la richiesta di istituire ulteriori corsi di formazione e di aggiornamento periodico dei formatori.

L'esperienza del progetto ha permesso pertanto di mettere a sistema la metodologia di lavoro seguita per la realizzazione dell'esperienza pilota e di inserire nel Repertorio Regionale delle Figure Professionali una specifica area di attività (ADA): "Formazione ed informazione sull'utilizzo in sicurezza delle macchine agricole", che si è formalizzato a aprile 2021 con il Decreto n. 8052 del 12/05/2021.

Nel corso di attuazione del progetto pilota, che si è concluso il 31/12/2020, si sono svolte le seguenti iniziative divulgative:

- Seminario del 7 maggio 2019: "La salute e sicurezza sul lavoro in agricoltura", che si è svolto a Firenze all'Accademia dei Georgofili, a seguito dell'approvazione del progetto pilota da parte della Regione Toscana;
- Presentazione del 17 dicembre 2019 del "Progetto pilota di certificazione dei formatori qualificati mediante corsi di formazione per formatori che operano nell'ambito della sicurezza delle macchine agricole", che si è svolta a Firenze in Sala Endimione di Palazzo Strozzi Sacratì. Iniziativa che ha dato avvio operativo al progetto pilota e al corso di formazione per formatori;
- Incontro digitale del 30 ottobre 2020 "Iniziative in Toscana per l'uso in sicurezza delle macchine agricole", che oltre a presentare i risultati del progetto pilota ha proposto una strategia della Regione Toscana sul tema della formazione in sinergia con le altre direzioni competenti della Regione Toscana;
- Incontro digitale del 12 Novembre 2020, organizzato dall'Accademia dei Georgofili, di presentazione dei risultati del progetto pilota nell'ambito di EIMA Digital Preview.

## 2. ACCORDO DI COLLABORAZIONE PER ATTIVITÀ CONDIVISE DI DIMOSTRAZIONE, FORMAZIONE E INFORMAZIONE IN MATERIA DI USO IN SICUREZZA DELLE MACCHINE AGRICOLE, PREVENZIONE E TUTELA DELLA SALUTE E DIGNITÀ DEGLI OPERATORI AGRICOLI

La rilevanza del tema della sicurezza nell'uso delle macchine agricole e i risultati eccellenti conseguiti con il progetto pilota hanno spinto la Direzione

Agricoltura e Sviluppo Rurale a promuovere un Accordo di collaborazione tra Regione Toscana, Ente Terre Regionali Toscane, ARTI - Agenzia Regionale Toscana per l'Impiego e DAGRI dell'Università degli Studi Firenze per porre in essere attività condivise di dimostrazione, formazione e informazione in materia di uso in sicurezza delle macchine agricole, prevenzione e tutela della salute e dignità degli operatori agricoli; accordo che è stato sottoscritto il 29/06/2021 in esecuzione della Delibera GRT n. 435 del 26/04/2021.

L'Accordo di collaborazione rappresenta infatti lo strumento più efficace per affrontare in maniera coordinata e condivisa tra le parti firmatarie la problematica rilevante della sicurezza nell'uso delle macchine agricole.

L'Accordo di collaborazione, data la trasversalità dei temi trattati, è stato promosso congiuntamente dalla Direzione Agricoltura e Sviluppo Rurale, dalla Direzione Istruzione Formazione Ricerca Lavoro e dalla Direzione Sanità, Welfare e Coesione Sociale della Giunta regionale della Toscana.

Molti sono gli obiettivi di lavoro concreti individuati nell'ambito dell'Accordo:

- ideazione e proposizione dei contenuti di un corso di formazione rivolto agli operatori USL, che si occupano dei controlli agli agricoltori attraverso il coinvolgimento del Settore “Prevenzione e sicurezza nei luoghi di lavoro” e della struttura SAFE da realizzarsi presso le Demofarm di Ente Terre regionali toscane e le strutture operative della Regione Toscana, con il supporto del team di formazione del progetto pilota (UNIFI-INAIL);
- ideazione e proposizione di iniziative di sensibilizzazione sul tema della sicurezza nell'uso delle macchine agricole rivolte agli operatori del settore, agli Istituti di istruzione superiore con indirizzo agrario e forestale, ai lavoratori stagionali, ai disoccupati, agli hobbisti, ecc., al fine di fornire le corrette informazioni sui comportamenti da tenere nella gestione delle macchine agricole e ridurre di conseguenza il numero e la gravità degli infortuni sul lavoro, da realizzarsi con il supporto logistico delle Demofarm di Ente Terre regionali toscane, che già hanno in essere accordi di collaborazione con alcuni Istituti agrari, e le strutture operative della Regione Toscana;
- ideazione e proposizione di un “campo scuola” per attività di dimostrazione, formazione e informazione sulla guida in sicurezza delle macchine agricole presso la Demofarm di Cesa (AR), da realizzarsi a cura di Ente Terre regionali toscane con il supporto tecnico del partenariato del progetto pilota, nell'ambito dell'avvio di un Centro regionale per la sicurezza in agricoltura, di cui alla Delibera di Giunta Regionale n. 1476 del 30/11/2020;
- valorizzazione e sviluppo delle Demofarm di Ente Terre regionali toscane e delle strutture operative della Regione Toscana per la realizzazione di altre

- iniziative di dimostrazione, formazione e informazione sulla sicurezza, tenendo conto delle esigenze espresse dalle diverse Direzioni, come risultato delle proprie attività e competenze e quale prodotto di interfaccia con il mondo produttivo e della formazione regionale (attività per datori di lavoro non soggetti a RSPP, lavoratori stagionali, ambienti confinati, ecc.);
- promozione di interventi di formazione dei formatori con riferimento all'area di attività (ADA) "Formazione e informazione sull'utilizzo in sicurezza delle macchine agricole" presente nel repertorio regionale delle figure professionali. Tali interventi sono finalizzati al raggiungimento in tempi brevi di un congruo numero di formatori (20-25), che si aggiungono ai primi otto formati con il progetto pilota. Questo nucleo di formatori qualificati potrà rappresentare il principale punto di forza su cui sviluppare la strategia di formazione in tema di sicurezza nell'uso delle macchine agricole;
  - diffusione della cultura della sicurezza attraverso la promozione delle opportunità formative in ambito di sicurezza, la realizzazione di schede informative e/o campagne di comunicazione finalizzate a incidere sull'appropriatezza dei comportamenti e su una maggiore consapevolezza del rischio;
  - valutazione della possibilità di attuare iniziative di informazione e formazione, in materia di tutela della salute e dignità degli operatori agricoli sul tema della prevenzione e lotta allo sfruttamento del lavoro in agricoltura e al connesso fenomeno del caporalato (intermediazione illecita di manodopera), obiettivo prioritario nell'azione di Regione Toscana. Rientra in questo ambito la prosecuzione dei corsi rivolti ai lavoratori agricoli stagionali, sulla falsariga del corso già realizzato in due edizioni dal settore "Prevenzione e sicurezza sul lavoro" a inizio 2021, sulla "Potatura della vite in sicurezza". Potranno essere realizzate iniziative, sempre in collaborazione con le parti datoriali e sindacali, e con ARTI, sulle lavorazioni stagionali più significative, sempre con attenzione agli aspetti connessi alla sicurezza e salute degli operatori.

### 3. PROTOCOLLO SPERIMENTALE CONTRO IL CAPORALATO E LO SFRUTTAMENTO LAVORATIVO IN AGRICOLTURA

Per il contrasto del fenomeno del "caporalato", lo sfruttamento del lavoro in agricoltura e l'illegalità, è attivo dal 2016 un protocollo sperimentale d'intesa tra Regione Toscana, Inps, Ministero del Lavoro, Inail, rappresentanze sindacali dei lavoratori, OO.PPAA. e Organismi del movimento cooperativo, recentemente confermato con la DGR n. 1601/2020 sino al 31/12/2021, che prevede:

- interventi coordinati tra gli organismi pubblici di controllo e quelli di prevenzione, anche attraverso la condivisione delle banche dati e delle risorse utili a rendere più efficiente ed efficace l'azione di vigilanza nel settore agricolo;
- promozione di azioni a garanzia delle condizioni di legalità nonché, di salute e sicurezza nei luoghi di lavoro (sono in corso di approvazione le “Linee di indirizzo - Indicazioni procedurali agli Imprenditori per la consapevole e corretta individuazione dei prestatori di servizi ed esecutori dei lavori agro-forestali”);
- individuazione/diffusione di pratiche che, valorizzino e incentivino le attività economiche agricole e i prodotti d'eccellenza delle imprese che operano in condizioni di legalità e sicurezza;
- condizionalità relativamente al rispetto dei diritti contrattuali dei lavoratori, delle norme in materia di salute e sicurezza nei luoghi di lavoro, per accedere ai fondi europei.

Il protocollo prevede un coinvolgimento specifico dei CPI (Centri per l'impiego) al fine di regolare l'attività di incontro tra domanda e offerta di lavoro stagionale a tempo determinato in agricoltura e contrastare il mercato sommerso del lavoro agricolo. Nei CPI sono tenuti specifici “elenchi provinciali di prenotazione per il settore agricolo” nei quali possono confluire volontariamente tutte le lavoratrici e i lavoratori disponibili all'assunzione presso le imprese agricole. Questi elenchi sono funzionali ad attestare il contenuto professionale e la qualità del lavoro in agricoltura, in modo da rendere sicure e fruibili le prestazioni e a favorire il monitoraggio dell'andamento del lavoro stagionale a tempo determinato in agricoltura.

#### ABSTRACT

Agriculture is a primary activity of Tuscany Region in many fields: economic and social contribution, employment and territory's sustainable management. Unfortunately, agriculture is also one of the sectors most exposed in terms of safety at work. In Tuscany, since 2014 to 2018, 29% of fatal accidents are attributable to this sector and the main cause of accidents is provoked by use of agricultural machinery (Inail Research, 2020).

Compliance with safety regulations at work and prevention activities are the essential conditions for the proper management of the agricultural and / or forestry farm.

Therefore, training, information and demonstration – especially on safety use of agricultural machinery – assume a strategic importance in order to protect the health of operators.

Knowing the importance of agricultural workers' health and dignity, Tuscany Region, in the last years, has further developed its current activities, in a shared strategy between the competent directorates / sectors / agencies of the Region, Scientific Subjects, Inail, INPS, OO. PP. AA. and trade union representatives.

In summary, the main activities concerned:

1. the realization in 2020 of a "Pilot project for the certification of qualified trainers through training courses for trainers working in the field of agricultural machinery safety", promoted by the Georgofili Academy, funded by INAIL and the Tuscany Region, with the involvement of DAGRI of the University of Florence, CAI (Confederation of Agromechanicals and Italian Farmers), ENAMA (National Institute for Agricultural Mechanization) and Ente Terre Regionali Toscane;

2. the signing on 29th June 2021 of a "Collaboration Agreement for shared demonstration, training and information activities on the safe use of agricultural machinery, prevention and protection of the health and dignity of agricultural operators", between the Tuscany Region (competent directorates), Ente Terre Regionali Toscane, ARTI and the University of Florence – DAGRI;

3. the approval also for the 2021 year of the "Experimental Protocol against "Irregular work brokerage" and labour exploitation in agriculture", activated since 2016, signed by the Tuscany Region, INPS, the Ministry of Labor, Inail, Cgil, Cisl, Uil, CIA, Confagricoltura, Coldiretti and the Alliance of Tuscan Cooperatives, which provides for coordinated interventions between the public control bodies and the joint prevention bodies, including sharing of databases and resources, to make supervisory action in the agricultural sector more efficient and effective; the promotion of actions to guarantee the conditions of legality, health and safety in the workplace.

## BIBLIOGRAFIA

Delibera GR Toscana n. 540 del 23/04/2019 (approvazione progetto pilota).

Decreto n. 8052 del 12/05/2021 "Aggiornamento del Repertorio regionale delle figure professionali: Approvazione e modifica di Figure Professionali (D.G.R. 988/2019 e s.m.i.)".

Delibera GR Toscana n. 435 del 26/04/2021 (approvazione accordo di collaborazione).

Delibera GR Toscana n. 1601 del 21/12/2020 (approvazione protocollo sperimentale contro il capolarato).



MASSIMO CECCHINI<sup>1</sup>

## Strumenti formativi per la sicurezza del lavoro agricolo

<sup>1</sup> Dipartimento di Scienze Agrarie e Forestali, Università degli Studi della Tuscia

### INTRODUZIONE

La formazione per la sicurezza e salute sul lavoro assume un ruolo fondamentale per la riduzione degli indici infortunistici e di malattia professionale.

Alla base dell'insorgenza degli infortuni sul lavoro e delle malattie professionali, infatti, vi è molto spesso un comportamento inadeguato del lavoratore. Questo, anche qualora il datore di lavoro abbia provveduto a eliminare i pericoli o ridurre al minimo tecnicamente possibile i rischi, può determinare incidenti o inutili esposizioni a fattori di rischio per la salute che possono comportare gravi conseguenze sulla sicurezza o la salute dell'operatore.

Risulta evidente, allora, l'importanza strategica dell'informazione e della formazione, e, quando necessario, dell'addestramento del lavoratore, al fine di controllare i rischi residui presenti durante il lavoro.

Gli obblighi di informazione e formazione per la sicurezza e salute sul lavoro, nella loro impostazione moderna, sono stati introdotti in Italia con il decreto legislativo n. 626 del 1994, in applicazione della direttiva 89/391/CEE. Successivamente sono stati modificati ed integrati nel tempo fino all'adozione del così detto "Testo unico" per la sicurezza e la salute sul lavoro: il decreto legislativo n. 81 del 2008, attualmente in vigore.

### L'INFORMAZIONE E LA FORMAZIONE PER LA SICUREZZA E LA SALUTE NEL SETTORE AGRICOLO

Nel settore agricolo, purtroppo, anche dopo l'entrata in vigore delle nuove normative, gli indici di rischio sono rimasti elevati, ponendo il settore stesso

in triste competizione con altri settori tipicamente ritenuti ad elevato rischio come, ad esempio, quello edile.

Gli interventi formativi effettuati con metodi tradizionali (come, ad esempio, le lezioni frontali) hanno mostrato scarsi risultati in termini di riduzione degli infortuni (soprattutto quelli gravi o mortali) e, soprattutto, delle malattie professionali che mostrano, negli ultimi anni, un andamento decisamente crescente.

Il comportamento incorretto del lavoratore deriva sicuramente da diversi fattori. Alla base c'è però quasi sempre, in modo evidente, una errata percezione del rischio.

L'Agenzia europea per la sicurezza e la salute sul lavoro (EU-OSHA) definisce il rischio «la probabilità che un pericolo causi effettivamente i suoi effetti negativi, insieme a una misura dell'effetto». Questo è un concetto probabilistico, non indica le condizioni o i fattori che determinano o contribuiscono al verificarsi di un evento. Una definizione linguistica di rischio è «Eventualità di subire un danno connessa a circostanze più o meno prevedibili» ([www.trecani.it](http://www.trecani.it)). Questa definizione introduce la dimensione della conoscenza e della percezione: il danno si realizza per il verificarsi di circostanze che ci si potrebbe attendere nel caso della conoscenza e della percezione dei loro potenziali effetti negativi. La conoscenza del rischio influisce sulla percezione, ma ciò è dovuto a una dimensione soggettiva che è legata a fattori cognitivi, organizzativi, culturali ed emotivi. Di solito ciò si traduce in una dannosa discrepanza tra la percezione soggettiva del rischio e la sua valutazione oggettiva (Slovic, 2000). Una corretta valutazione del rischio deve basarsi solo sulla conoscenza, e deve essere condotta in modo tale da non portare a una sottovalutazione, causando un'esposizione involontaria, o a una sopravvalutazione, che provocherebbe panico e incapacità di prendere decisioni (Lavanco, 2003). In entrambi i casi vi è un aumento della probabilità di un "errore", cioè di una risposta errata a una condizione di adattamento; si verificano "disfunzioni" cognitive, con alterazione della percezione del rischio; pertanto, per rimediare è necessario individuare le cause ambientali, psicologiche e comportamentali.

Anche altri autori evidenziano come la percezione del rischio sia il risultato di una gamma molto ampia di fattori, principalmente cognitivi, emotivi e socio-organizzativi (Antonucci et al., 2012). Purtroppo, non sempre vi è una percezione coerente del rischio tra gli operatori. La sopravvalutazione o la sottostima del rischio possono avere gravi conseguenze sulla capacità delle persone di gestire correttamente il rischio dal punto di vista della prevenzione.

Una ricerca effettuata dal Laboratorio di Ergonomia e Sicurezza del Lavoro dell'Università della Tuscia (Cecchini et al., 2016) ha mostrato che la percezione del rischio è correlata all'aver frequentato corsi di formazione, anche se

chi riferisce di aver frequentato corsi sulla sicurezza non sempre mette in atto comportamenti sicuri.

Nello sviluppo di un piano di formazione per gli operatori agricoli è importante riflettere sia sui compiti coinvolti che sulla qualità della formazione: l'informazione e la formazione non sono, infatti, qualcosa di statico, di meccanicamente acquisito una volta per tutte, ma costituiscono due processi dinamici complessi. Allo scopo di garantire il successo dell'azione formativa, osservabile in un effettivo adeguamento dei comportamenti dei lavoratori, è necessario formare secondo un approccio ergonomico e, quindi, partecipativo, che accresca le competenze dei discenti.

La formazione non dovrebbe essere una comunicazione unidirezionale delle conoscenze dall'esperto agli agricoltori, ma dovrebbe invece valorizzare le esperienze dei lavoratori e sviluppare le loro capacità decisionali individuali (Cecchini et al., 2016).

#### LA COMUNICAZIONE IN AGRICOLTURA

Uno dei problemi che attualmente affliggono il settore agricolo italiano è costituito dal frequente impiego di manodopera poco qualificata e di diversa provenienza culturale e geografica, con un abbondante ricorso a lavoratori stagionali.

A titolo di esempio, i dati del Censimento dell'agricoltura ISTAT del 2010 (quelli del censimento 2021 al momento della scrittura del presente articolo non sono ancora disponibili) mostrano, nel Lazio, l'impiego di circa 305.000 persone, di cui circa 13.000 stranieri (6.500 provenienti da paesi UE e 6.800 extra UE), e per quanto riguarda il grado di istruzione, la maggior parte degli operatori ha frequentato la scuola primaria e secondaria.

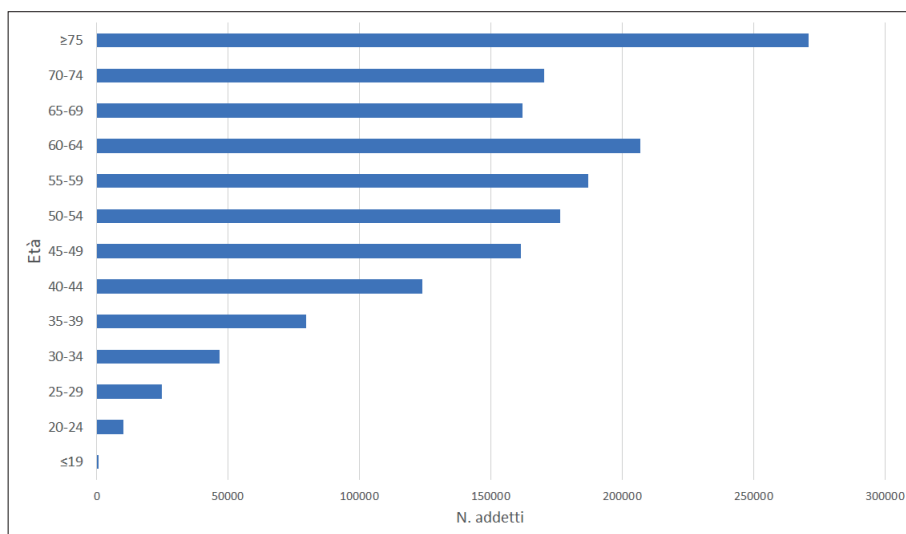
A livello nazionale (tab. 1) appare evidente una tendenza decrescente di addetti con scarsa scolarizzazione a favore di quelli con titoli di studio superiori, ma, ancora oggi, sono i titoli di studio più bassi a prevalere.

Un ulteriore problema del settore agricolo è quello della prevalenza di addetti di età avanzata o molto avanzata (graf. 1). A questo proposito una ricerca (Cecchini et al., 2017) ha mostrato che i lavoratori agricoli coinvolti, in particolare i lavoratori anziani, hanno un atteggiamento negativo nei confronti della sicurezza; in particolare i lavoratori sono ostili alle misure di sicurezza soprattutto se non hanno frequentato corsi di formazione specifici.

Per garantire interventi informativi e formativi efficaci ed efficienti, occorre tenere conto di questi aspetti, in particolare per quanto concerne le modalità di comunicazione. Ad esempio, mettendo a disposizione dei lavoratori

TITOLO DI STUDIO	2010	2000	1990	Var. % 2010/2000
Laurea agraria	13.085	12.951	10.651	1,0
Altra laurea	87.896	70.585	59.584	24,5
Diploma agrario	54.920	52.658	33.401	4,3
Altro diploma	306.489	323.638	156.172	-5,3
Licenza media	519.084	574.178	460.760	-9,6
Licenza elementare	558.899	1.116.125	1.613.957	-49,9
Nessun titolo	80.511	246.139	513.611	-67,3
<b>Totale</b>	<b>1.620.884</b>	<b>2.396.274</b>	<b>2.848.136</b>	<b>-32,4</b>

Tab. 1 *Capi azienda per titoli di studio (fonte: Capitale umano e stratificazione sociale nell'Italia agricola secondo il 6° censimento generale dell'agricoltura 2010)*



Graf. 1 *Manodopera aziendale compatibile con la funzione di capo azienda (fonte: ISTAT: 6° censimento generale dell'agricoltura 2010)*

materiali informativi in lingua straniera, utilizzando un linguaggio semplice e immediato e ricchi di informazioni visive (immagini, filmati).

#### NUOVI STRUMENTI FORMATIVI PER LA SICUREZZA DEL LAVORO AGRICOLO

La progressiva scolarizzazione degli addetti agricoli e le politiche incentivanti il ringiovanimento delle forze lavoro, oltre alla sempre maggiore diffusione di

dispositivi digitali (come gli smartphone) a costi contenuti, potranno consentire, nel prossimo futuro, l'adozione di nuove tecnologie anche nel settore della formazione per la sicurezza e la salute sul lavoro.

Un progetto nazionale al quale hanno partecipato l'Università della Tuscia (capofila), l'Università di Catania e l'Università di Udine e partecipato da INAIL (progetto "RIPRESA – Rete Italiana per la Promozione della Sicurezza in Agricoltura") ha portato alla realizzazione di un portale informativo per i rappresentanti dei lavoratori per la sicurezza e i lavoratori agricoli ([www.ripresassl.it](http://www.ripresassl.it)). Dal portale è possibile accedere, in modalità guidata da uno specifico sistema di ricerca, ad una vasta gamma di informazioni utili per adottare comportamenti in grado di garantire la sicurezza e la salute sul lavoro.

Il progetto prevede un naturale proseguimento con l'adozione di una newsletter periodica ai soggetti iscritti ed attraverso i social network.

La digitalizzazione delle aziende potrà favorire l'introduzione di nuove tecnologie per la formazione come quelle basate sulla realtà aumentata (AR). Ad esempio, presso l'Azienda agraria didattico-sperimentale dell'Università della Tuscia è in corso di ultimazione un percorso dimostrativo (nell'ambito dell'iniziativa "Dipartimento di eccellenza" del MIUR - Legge 232/2016) sulla sicurezza e salute sul lavoro in agricoltura, basato su AR e sviluppato in dieci tappe, localizzate in punti caratteristici dell'azienda, in ciascuna delle quali viene trattato un tema diverso in materia di sicurezza e salute sul lavoro: il visitatore ha, così, la possibilità di apprendere nozioni utili per la prevenzione degli infortuni e delle malattie professionali. Il percorso è sviluppato in più lingue ed è caratterizzato dal fatto che il linguaggio utilizzato può essere adattato al target (ad esempio: scolaresche, studenti universitari, imprenditori agricoli, ecc.). Uno dei vantaggi di questo progetto è che lo stesso è facilmente esportabile in altre realtà aziendali, anche private, con informazioni geolocalizzate in grado di "rendere visibile ciò che è invisibile" (ad esempio: sapere che su un campo è stato effettuato un trattamento fitosanitario conoscendo quale principio attivo è stato utilizzato, in che data, quando si può rientrare in campo, ecc.).

Il vantaggio delle informazioni digitali è quello di essere "tracciabili", consentendo così, ad esempio, al datore di lavoro di conoscere se un determinato lavoratore ha avuto accesso a una determinata informazione, quando e per quanto tempo. Inoltre, le stesse tecnologie possono essere adottate per altre funzioni aziendali e per gestire registrazioni (ad esempio registri di manutenzioni di macchine e attrezzature).

Un'altra opportunità favorita dalle tecnologie digitali riguarda in particolare l'addestramento all'uso delle macchine, in particolare quelle più pericolose o quelle per le quali le norme di legge prevedono una specifica abilitazione all'uso

(come il trattore). In questo caso potranno essere impiegati veri e propri simulatori di guida: nati per il settore aeronautico, si stanno oggi diffondendo anche in altri settori, incluso quello agricolo. Questi offrono il vantaggio di insegnare i controlli della macchina, la coordinazione occhio-mano, il funzionamento sicuro e la tecnica operativa, offrendo una formazione degli operatori economica ed efficiente in un ambiente privo di rischi ed evitando l'usura delle apparecchiature.

Basati sulle effettive attrezzature, i simulatori sono dotati di comandi intercambiabili che consentono il rapido scambio di joystick e pedali su più tipi di macchina. Il software presenta ambienti virtuali altamente dettagliati e realistici progettati per coprire le mansioni dell'operatore di base e avanzate attraverso molteplici attività. Specifiche funzioni di prestazioni forniscono metriche per misurare i progressi degli allievi per aiutarli a sviluppare competenza e fiducia.

Altri strumenti che potranno essere adottati in futuro anche nel settore agricolo sono costituiti da sistemi attivi basati su sensori indossabili. Questi potranno essere utilizzati soprattutto per l'addestramento di lavoratori addetti a specifiche mansioni comportanti problemi di natura ergonomica (ad esempio la movimentazione manuale dei carichi pesanti o di carichi leggeri ad elevata frequenza, il rischio posturale, ecc.). In questo caso si tratta di veri e propri ambienti di lavoro "intelligenti" che possono rappresentare il nuovo scenario in cui i sensori indossabili con connessioni di rete e capacità computazionali sono sensibili, reattivi, adattivi e trasparenti ai movimenti dei lavoratori consentendo il monitoraggio online e in tempo reale delle attività lavorative.

I sensori indossabili consentiranno anche la stima del rischio biomeccanico in tempo reale e potrebbero fornire un feedback diretto all'utente (ad esempio: avvisi acustici o vibrazionali al raggiungimento di limiti di sicurezza del range articolare o della frequenza delle azioni) che potrebbe essere, inoltre, costantemente monitorato direttamente sul posto di lavoro. Per quest'ultimo motivo andranno valutati comunque preventivamente tutte le implicazioni dal punto di vista etico e gli aspetti di tutela della privacy del lavoratore.

## CONCLUSIONI

La diffusione delle tecnologie digitali nel mondo agricolo, favorita anche dal recente Piano Nazionale di Ripresa e Resilienza, ha la potenzialità di garantire una crescita del settore non soltanto in termini di sostenibilità e produttività (grazie soprattutto alle tecnologie proprie dell'agricoltura di precisione), ma anche di migliorare il lavoro agricolo dal punto di vista del confort, della sicurezza e della salute.

Le nuove tecnologie potranno garantire:

- un approfondimento delle conoscenze su nuovi fattori di rischio per la sicurezza e la salute sul lavoro nell'agricoltura "4.0";
- l'apprendimento di nozioni relative a macchine per l'agricoltura di precisione ed il supporto alla diffusione delle stesse nel mondo agricolo;
- lo sviluppo di macchine rispettose dell'ambiente e della salute e sicurezza dell'uomo;
- la diffusione della cultura della salute e sicurezza in agricoltura;
- il riavvicinamento dei giovani al settore agricolo;
- l'incoraggiamento delle aziende agricole all'adozione di metodi di lavoro innovativi, sostenibili e in grado di garantire un incremento del reddito;
- la riduzione delle denunce di infortuni e di malattie professionali in agricoltura con conseguente riduzione dei costi sociali.

#### RIASSUNTO

Nonostante la tendenza decrescente del numero di infortuni registrata negli ultimi anni a livello nazionale, il settore primario resta caratterizzato da indici di rischio elevati. Il settore, inoltre, si caratterizza per una scarsa percezione del rischio da parte degli operatori (Cecchini et al., 2016, 2017).

Oltre ai tradizionali rischi professionali, il lavoro dell'agricoltore ha via via aggiunto altri rischi, dovuti alla crescente specializzazione e all'uso di macchine sofisticate, potenti e di grandi dimensioni. Inoltre, gli agricoltori dispongono sempre più spesso di nuove sostanze chimiche talvolta anche molto tossiche.

Alla base dell'insorgenza degli infortuni e delle malattie professionali vi è quasi sempre il comportamento inadeguato del lavoratore. Assume, perciò, importanza strategica la corretta informazione e formazione degli operatori. Gli interventi formativi effettuati con metodi tradizionali (es.: lezioni frontali) hanno mostrato, sin dal recepimento della direttiva 89/391/CEE che ne introduceva gli obblighi, scarsi risultati in termini di riduzione degli infortuni (soprattutto quelli gravi o mortali) e delle malattie professionali.

La diffusione di tecnologie digitali e quella, a costi sempre più contenuti, di dispositivi come gli smartphone o i tablet PC, mette oggi sempre più "a portata di mano" l'informazione per la sicurezza sul lavoro e rende possibile l'adozione di metodi didattici innovativi aventi la potenzialità di incidere efficacemente sui comportamenti umani, al fine di evitare quelli pericolosi e favorire quelli corretti.

#### ABSTRACT

*Training tools for the safety of agricultural work.* Despite the decreasing trend in the number of accidents recorded in recent years at a national level, the primary sector remains

characterized by high-risk indices. Furthermore, the sector is characterized by a poor perception of risk by operators (Cecchini et al., 2016, 2017).

In addition to the traditional occupational risks, the farmer's work has gradually added other risks, due to the growing specialization and the use of sophisticated, powerful and large machines. In addition, farmers have more and more new chemicals, sometimes even very toxic ones.

At the root of the onset of accidents and occupational diseases there is almost always the inadequate behaviour of the worker. Therefore, the correct information and training of operators assumes strategic importance. The training interventions carried out with traditional methods (eg: lectures) have shown, since the transposition of Directive 89/391/EEC which introduced the obligations, poor results in terms of reduction of accidents (especially serious or fatal) and professional diseases.

The spread of digital technologies and that, at increasingly low cost, of devices such as smartphones or tablet PCs, today puts more and more "at hand" information for safety in the workplace and allows the adoption of innovative teaching methods, with the possibility to effectively influence human behaviours, in order to avoid dangerous ones and favour correct ones.

#### BIBLIOGRAFIA

- ANTONUCCI A., SICILIANO E., LADIANA D., BOSCOLO P., DI SIVO M. (2012): *Perception of occupational risk by rural workers in an area of central Italy*, «Journal of biological regulators & homeostatic agents», 26 (3), pp. 439-445.
- CECCHINI M., MONARCA D., COLANTONI A., BACIOTTI B., BEDINI R., COSSIO F. (2016): *The impact of training on the risk perception of agricultural workers*, MECHTECH 2016 Conference – Mechanization and new technologies for the control and sustainability of agricultural and forestry systems, Alghero, Italy, 29th May-1st June 2016, pp. 174-177.
- CECCHINI M., BEDINI R., MOSETTI D., MARINO S., STASI S. (2017): *Safety knowledge and changing behavior in agricultural workers: an assessment model applied in central Italy*, «Safety and Health at Work», 10.1016/j.shaw.2017.07.009.
- LAVANCO G. (2003): *Psicologia dei disastri. Comunità e globalizzazione della paura*. Franco Angeli. Milano.
- SLOVIC P. (2000): *The Perception of Risk*, Earthscan, London.



MARCO VIERI<sup>1</sup>

## Criteri per l'adozione dell'innovazione tecnologica e della digitalizzazione

<sup>1</sup> Università degli Studi di Firenze

La digitalizzazione rappresenta uno strumento di supporto e di abilitazione nella attuazione delle migliori pratiche e questo ancora di più nel settore agricolo in cui gli scenari operativi hanno una grande complessità.

Digitalizzare significa fare ordine e mettere in ordine ciò che risulta di estrema importanza anche e soprattutto nella sicurezza; la prevenzione nella sicurezza si attua infatti monitorando, valutando e mettendo ordine nella gestione dei mezzi, degli impianti, delle procedure operative e della formazione del capitale umano a queste preposto.

Nelle operazioni colturali, specialmente nelle attività all'aperto, (farming) mettere ordine è estremamente complesso per la notevole variabilità di:

- MEZZI: i diversi accoppiamenti motrice-operatrice costituiscono «cantieri specifici» che hanno caratteristiche di comportamento e di rischio anche completamente differenti. La digitalizzazione dei controlli permette di tenere monitorati cantieri e macchine per una gestione altamente consapevole di obblighi e problemi relativi ai singoli casi.
- IMPIANTI: la digitalizzazione delle caratteristiche strutturali e ambientali dei campi risulta estremamente necessaria per avere un costante controllo dei punti e delle aree di rischio e riproporre l'allerta quando si progetta o si esegue una operazione. Ciò risulta estremamente necessario anche a seguito degli eventi estremi come le sempre più frequenti bombe d'acqua che possono produrre erosioni con variazioni inaspettate nei profili del terreno, spesso coperti poi dalla vegetazione, con conseguenti, purtroppo frequenti, eventi di ribaltamento.
- PROCEDURE OPERATIVE: ogni coltura e ogni tipologia di azienda ha tecnologie scalari e procedure differenti; la interazione fra le diverse

operazioni deve essere monitorata con dettaglio per ottimizzare il processo produttivo e, non di meno, le condizioni di sicurezza per gli operatori.

Nell'uso dei mezzi tecnici la digitalizzazione è già impiegata da decenni per controllarne le condizioni di sicurezza e il funzionamento dei singoli apparati. I controlli si sono sempre di più affinati negli anni e da una funzione di preservazione del mezzo si è passati ai controlli operativi e quindi a quelli più specifici di sicurezza.

Già negli anni '90 Caterpillar rende commerciale il controllo automatico delle funzionalità e della sicurezza per la parte dispositivi macchina. Nelle grosse macchine movimento terra il sistema interno di controllo funzionale prevedeva la registrazione dei dati operativi (temperature, regimi di rotazione, pressioni, ecc.) che venivano giornalmente inviati alla assistenza con uso di floppy da 5 pollici e 1/4 per la comunicazione fra macchina, rete telefonica e centro di assistenza. Questo avvertiva quindi l'operatore responsabile della macchina e poteva avviare direttamente procedure di intervento per la manutenzione sul mezzo.

Negli anni 2000 CLASS sviluppa il sistema di telemetria che in una prima versione era rivolto principalmente alla sicurezza meccanica, ma con una evoluzione verso il monitoraggio e la ottimizzazione della regolazione dei diversi organi funzionali, come ad esempio nell'impiego delle mietitrebbiatrici, dove si offriva un sistema di allerta sulle più efficienti regolazioni di battitori, sistemi di pulizia, ecc. L'ulteriore evoluzione ha previsto l'inserimento di accelerometri e inclinometri per controllare eventi critici di stabilità e quindi per la sicurezza dell'operatore.

La telemetria è utilizzata ormai nel controllo flotte, nei controlli sanitari come ad esempio il trasporto delle carni in Europa, e da oltre un decennio nel controllo delle flotte di macchine per la gestione della neve, per il controllo del lavoro svolto: tracciati con indicazione del completamento della toelettatura delle piste, zone di utilizzo della fresa, zone di impiego dell'argano. In questo ultimo caso recentemente l'abbinamento della digitalizzazione dei comprensori (DTM: digital terrain model) fatto con laserscanner nei periodi estivi, consente poi, in fase operativa con la copertura nevosa, grazie all'impiego complementare dei sistemi di posizionamento georeferenziato di precisione, di rilevare e quindi anche di mappare lo spessore della neve, ma e soprattutto di sapere dove sono posti gli impianti tecnici (dispositivi di prelievo dell'acqua, ecc.) e i punti critici di pericolo laterali alle piste (sassi, fossi, scarpate, ecc.).

Questa tecnologia di digitalizzazione del territorio (sistemi GIS-CAD) e degli impianti, unita ai sistemi di posizionamento georeferenziato di precisione costituisce pertanto una grande opportunità per la ottimizzazione opera-

tiva e per la sicurezza degli operatori e delle macchine, soprattutto quando la copertura vegetale rende invisibili i pericoli.

Sicurezza è controllo puntuale e diffuso degli scenari operativi e dei relativi rischi; rappresenta il nuovo approccio allo smartfarming che si avvale della digitalizzazione in una visione ciber-fisica di ambienti e attività in un quadro sistemico in cui vengono declinate le risorse strutturali (territori, appezzamenti, strutture e infrastrutture aziendali ed extraaziendali), le risorse strumentali (macchine e impianti), i vincoli (quali la sicurezza del lavoro, la sicurezza ambientale, la sicurezza alimentare, la conformità a regolamenti, disciplinari ecc.), le esigenze di miglioramento (proposte di valore) quali la qualità di prodotto, la qualità di processo, la mitigazione dei rischi derivanti dai cambiamenti climatici, la fidelizzazione dei consumatori attraverso tracciabilità, la Realtà Virtuale immersiva.

Ciò costituisce una innovazione dei processi che rappresenta una nuova mentalità, un indirizzo sistematico e ordinato alla sostenibilità in un approccio sistemico multifunzionale in cui la digitalizzazione rappresenta un fattore abilitante indispensabile.

D'altronde sicurezza e digitalizzazione costituiscono anche cardini fondamentali sia negli obiettivi futuri della Politica Agricola Comunitaria e delle Smart Specialization Strategies.

I futuri obiettivi CAP 2021-2027 sono orientati a:

- garantire un reddito equo agli agricoltori,
- aumentare la competitività,
- riequilibrare la distribuzione del potere nella filiera alimentare,
- agire per contrastare i cambiamenti climatici,
- tutelare l'ambiente,
- salvaguardare il paesaggio e la biodiversità,
- sostenere il ricambio generazionale,
- sviluppare aree rurali dinamiche,
- proteggere la qualità dell'alimentazione e della salute.

Le sfide prossime future delle Smart Specialization Strategies sono:

- la transizione ecologica,
- la transizione digitale,
- la transizione generazionale.

Appare evidente come la priorità e le opportunità di maggiore interesse riguardino la digitalizzazione che diventa pertanto l'obiettivo prioritario sia a livello formativo, sia di gestione imprenditoriale, sia di governance.

Nel nuovo approccio identificato con chiarezza e semplicità nel modello di analisi Business Model Canvas BMC la “proposta di valore” assume una posizione centrale fra il favore del mercato e le componenti gestionali e fra queste la digitalizzazione e la sicurezza.

Ormai i produttori più attenti si avvalgono di questa definizione: “proposta di valore”, per identificare l’innovazione di processo e di prodotto. In una più definita ingegneria gestionale agricola a questa proposta di valore vengono legate le azioni tecniche di miglioramento di processo che prevedono l’identificazione di tecnologie da acquisire (risorse chiave), di modifiche alle procedure produttive (azioni chiave), i servizi e/o competenze esterne all’azienda e funzionali all’innalzamento di livello tecnologico (attori chiave) (Osterwalder et al., 2010).

Ma anche il nuovo approccio della “Produzione Snella” (Lean Production) prevede il mettere ordine e in ordine per ridurre le dispersioni e i rischi con tutta una serie di utensili gestionali che prevedono azioni di co-analisi, co-progettazione, identificazione dei punti critici.

Adottare una modalità procedurale, identificativa dell’approccio digitale permette l’adozione dell’innovazione nelle condizioni critiche dell’agricoltura dove introdurre nuovi strumenti o nuove procedure è come “cambiare un vagone a un treno in corsa”. I dispositivi digitali dagli strumenti più sofisticati, alle procedure più semplici come le check list di controllo, permettono di monitorare i sempre più complessi sistemi tecnologici che devono operare in condizioni spesso interferenti, molto gravose e diversificate. Un caso significativo è rappresentato dalla raccolta meccanizzata del pomodoro dove il cantiere è logisticamente molto complesso e sulla macchina per la raccolta di precisione tutti i sistemi sono sotto stress: quelli meccanici, idraulico, quelli elettronico, quelli sensoristici e oggi quelli informatici e ICT (Information Communication Technologies). Solo la adozione di procedure operative normalizzate standard può evitare rischi, danni e perdite di tempo

Fondamentali quindi risultano l’educazione e formazione che si dovranno attuare nei diversi ecosistemi territoriali e con la necessaria caratteristica di affrontare le diverse sfide insieme all’agricoltore. Le precedenti rivoluzioni agricole ci hanno insegnato che l’innovazione è inutile senza la componente formativa, con strutture adeguate, dimostrazioni e che l’implementazione di innovazione, digitalizzazione e sicurezza, richiede competenze e tempo... bisogna essere pronti a sporcarsi le mani, letteralmente.

Oggi la digitalizzazione nelle sue componenti di multimedialità costituisce una ricchezza vasta di informazione e formazione.

Vi sono ormai molti supporti multimediali utilizzabili per la formazione che opportunamente selezionati costituiscono un avvio molto efficace per le discus-

sioni in focus group, a questi si aggiungono simulatori che permettono al formando di fare una esperienza immersiva e di avere la sensazione reale di ciò che può avvenire avventurandosi in determinati scenari ed eseguendo precise azioni.

In Toscana l'esperienza del corso pilota sulla sicurezza nell'impiego dei mezzi agricoli, rivolto ai "formatori", ha portato alla costituzione di un archivio digitale di materiali formativi condivisi che accompagnano le diverse esperienze sia teoriche sia pratiche. Il corso promosso dal Tavolo di coordinamento della Accademia dei Georgofili sulla "sicurezza in agricoltura" e condotto con l'Assessorato Agricoltura della Regione Toscana, l'INAIL Toscana, CAI (Confederazione Agrotecnici e Agricoltori Italiani) e l'Università di Firenze si è svolto con pieno successo nel 2020 presso le strutture di Ente Terre Toscane e ha dato avvio a una azione strutturata della Regione Toscana per incentivare sempre di più la cultura e la conoscenza della sicurezza in agricoltura.

Il progetto che ne è derivato prevede l'attuazione presso le strutture di Ente terre Regionali Toscane (Cesa, Suvignana) e quelle del Centro di Addestramento di Tocchi si campi di addestramento dedicati e stabili con percorsi specifici sulle diverse situazioni di rischio nell'impiego di trattori e con livelli differenti di difficoltà.

Il progetto prevede nel Centro dimostrativo di Cesa la realizzazione di una struttura di accoglienza e divulgazione che accolga anche percorsi illustrativi e multimediali su rischi e sicurezza in agricoltura, con la possibilità di accedere a simulatori. Lo scopo è quello di rendere disponibile per l'intero comparto agricolo regionale un punto di riferimento per scuole professionali agrarie, associazioni e sistemi formativi.

## BIBLIOGRAFIA

- VIERI M., FORMENTO A., NIZZI R., PALCHETTI E. (2009): *Tecnologie innovative per la sicurezza dei battipista in condizioni operative critiche*, «Quota Neve», 149, marzo-aprile 2009, pp. 63-65.
- OSTERWALDER A., PIGNEUR Y., CLARK T. (2010): *Business Model Generation: A Handbook For Visionaries, Game Changers, and Challengers*, Strategyzer series, Hoboken, NJ: John Wiley & Sons, ISBN 9780470876411. OCLC 648031756.

## RIASSUNTO

La digitalizzazione dell'impiego delle tecnologie e nella gestione dell'impresa agricola rappresenta una delle sfide imprescindibili nel prossimo futuro. Significativi sono in tal senso

gli obiettivi della Comunità Europea ad esempio nelle Smart Specialization Strategies che pongono come prossime sfide la transizione digitale, ecologica e generazionale; o nei nove obiettivi della Politica Agricola Comunitaria che possono essere attuali solo con una profonda diffusione della digitalizzazione a tutti i livelli dell'impresa, compresi gli ambiti operativi.

Digitalizzare significa prima di tutto mettere ordine e in ordine e rappresenta il fondamento del nuovo approccio della produzione snella.

Il settore delle macchine agricole e di movimento terra già dagli anni '90 utilizzava la digitalizzazione per la manutenzione programmata e il controllo operativo dei mezzi più performanti. Nel corso degli ultimi due decenni si è sviluppato il telecontrollo e la telemetria e sulle nuove macchine dotate di sistemi ISOBUS tali monitoraggi e controlli sono ormai disponibili quanto ancora oggi poco utilizzati nella gestione dell'impresa agraria.

La digitalizzazione è uno strumento fondamentale nella più efficace formazione degli operatori in particolare con le nuove tecniche di visione e realtà aumentata. La digitalizzazione rappresenta un fondamentale strumento di monitoraggio della efficienza e della sicurezza dei processi nei tre ambiti del controllo delle attrezzature, delle operazioni, degli impianti e del territorio.

#### ABSTRACT

The digitization of the use of technologies and in the management of the agricultural enterprise represents one of the unavoidable challenges in the near future. In this sense, the objectives of the European Community are significant, for example in the Smart Specialization Strategies which pose the Digital, Ecological and Generational transition as the next challenges; or in the nine objectives of the Community Agricultural Policy that can only be actuated with a profound spread of digitization at all levels of the company, including operational areas.

Digitizing means first of all putting order and represents the foundation of the new lean manufacturing approach.

The agricultural and land reclamation machinery sector has been using digitalization for scheduled maintenance and operational control of the most performing vehicles since the 1990s. Over the last two decades, remote control and telemetry have developed and on new machines equipped with ISOBUS systems such monitoring and controls are now available as they are still little used in agricultural enterprise management.

Digitization is a fundamental tool in the most effective training of operators, in particular with the new techniques of vision and augmented reality. Digitization represents a fundamental tool for monitoring the efficiency and safety of processes in the three areas of control of equipment, operations, plants and the territory.

PIETRO PICCAROLO<sup>1</sup>

## Considerazioni conclusive

<sup>1</sup> Vicepresidente dell'Accademia dei Georgofili

Sotto la spinta di continui infortuni tragici, al tema della sicurezza sul lavoro viene riservata maggiore attenzione anche a livello della società civile e politica. Non poteva del resto passare inosservata l'entità del numero di denunce di infortunio sul lavoro con esito mortale presentate all'INAIL entro il mese di agosto del 2021. Le denunce sono state ben 772 (a fine maggio erano 442). Il premier Draghi ha definito queste morti bianche sul lavoro "una strage continua". Anche il presidente Mattarella ha manifestato in più occasioni la sua preoccupazione definendo inaccettabile tale situazione.

Nel settore agricolo la situazione è peggiore rispetto agli altri comparti. Sempre con riferimento ai primi otto mesi dell'anno, si è passati dalle 70 denunce del 2020 alle 80 denunce di infortunio con esito mortale del 2021, con un incremento quindi del 20%. Nel 2020 il totale delle denunce di infortunio in agricoltura è stato di 26.659, il che significa che l'indice di incidenza infortunistico risulta pari a 40/1000 lavoratori, e cioè il doppio del valore medio della totalità degli altri settori. Non meno preoccupante è il numero di denunce per malattie professionali, in quanto rappresenta circa il 20% del totale nazionale, con un incremento nei primi otto mesi del 2021 del 29,5% rispetto allo stesso periodo del 2020 (6135 contro 4737). A essere interessati sono soprattutto le patologie a carico del sistema osteo-muscolare e del sistema nervoso e dell'orecchio. Una situazione che non può lasciare indifferenti, ma per la quale occorre impegnarsi per trovare soluzioni che riducano il rischio infortunistico.

Nella nuova PAC è stata introdotta la "condizionalità sociale", che lega la ricezione dei finanziamenti per il primo e secondo pilastro al rispetto, da parte dei beneficiari, dei diritti dei lavoratori in materia di condizioni di lavoro, salute e sicurezza. Spetterà al nostro Paese e alle singole Regioni utilizzare

questo strumento (in modo volontario dal 2023 e obbligatorio dal 2025), con la massima efficacia ed efficienza. Questo anche sulla base dei risultati ottenuti attraverso l'analisi del rischio per quanto attiene sia la salute e il benessere dell'operatore, sia gli eventi di natura infortunistica.

La tipologia di infortunio con esito mortale più frequente è quella in cui il conducente alla guida del trattore, dipendente o imprenditore, viene schiacciato dal ribaltamento del mezzo. Non mancano però i casi di investimento anche con trattore senza il conducente a bordo e quelli dovuti al contatto con organi in movimento. Pur nella diversificazione degli eventi, alcuni di questi infortuni potevano essere evitati o potevano causare un infortunio con esito meno grave se fossero stati presenti, e correttamente utilizzati, gli ordinari dispositivi di protezione, in particolare le strutture di protezione (telaio o cabina ROPS), le cinture di sicurezza e la protezione degli alberi cardanici. Tali dispositivi sono presenti nei trattori di nuova costruzione, ma mancano in molti di quelli in servizio, per i quali esiste l'obbligo di farne l'installazione retroattivamente. Questa messa in sicurezza è già avvenuta in Germania e nel Regno Unito, dove gli infortuni mortali per capovolgimento del trattore si sono praticamente azzerati. Poiché il nostro parco trattoristico è fortemente obsoleto, è importante dare corso alla revisione obbligatoria dei trattori in servizio prevista per legge senza ulteriori rinvii.

L'innovazione tecnologica e lo sviluppo della sensoristica sulle macchine agricole, frutto degli investimenti da parte dei costruttori e dei risultati ottenuti nelle Università e nei Centri di ricerca, ha portato a un notevole miglioramento per quanto attiene la sicurezza e anche per le condizioni di comfort e di benessere del conducente. I sistemi di digitalizzazione del territorio (sistemi GIS-CAD), uniti ai sistemi di localizzazione georeferenziata, il ricorso a software sempre più evoluti, all'intelligenza artificiale e alla robotica, sono strumenti che conducono verso l'agricoltura 4.0. Si tratta, in ogni caso, di supporti alla conduzione e gestione aziendale, che non sostituiscono il lavoratore nello svolgimento delle diverse mansioni, ma aumentano produttività e sicurezza del lavoro e richiedono un minor impegno fisico. Sono anche stati realizzati dispositivi elettronici direttamente indossabili dal lavoratore, in grado di fornire in tempo reale il monitoraggio dei principali parametri vitali, consentendo così una precoce individuazione di situazioni di pericolo. In Italia vi sono le competenze tecnico-scientifiche per portare avanti questo tipo di innovazioni, ma serve un maggior sostegno alle imprese e alla ricerca. Per questo è auspicabile che, nella destinazione dei fondi europei rivolti al rilancio, non venga dimenticato il sostegno alla sicurezza del lavoro e più in generale all'agricoltura.



Serve più scienza e più tecnologia, ma questo comporta anche la necessità di avere più cultura e più competenza. Da qui l'importanza della formazione a tutti i livelli, a partire dalle Università che devono aprirsi maggiormente al mondo operativo e delle imprese. Quindi non solo investimenti per l'innovazione tecnologia e digitale ma anche investimenti per formare le competenze necessarie per usufruire delle innovazioni. Per migliorare l'efficienza dei corsi di formazione occorre affiancare ai sistemi tradizionali i nuovi strumenti didattici offerti dalla transizione digitale quali, ad esempio, la realtà aumentata e i simulatori di guida già adottati in altri settori. Fondamentale per la formazione è il ruolo delle Regioni anche in collaborazione, come avviene per la Regione Toscana, con le Università, i Centri di ricerca e le Accademie.



Foresta urbana e benessere:  
sinergie e prospettive fra medicina,  
psicologia e verde urbano

10 settembre 2021

## Programma

9.30 - *Saluti istituzionali*

Coordina: F. Ferrini

9.45 - Relazioni

F. CIRULLI

*Salute mentale, natura e verde urbano in una prospettiva neurobiologica*

F. BECHERI

*Terapia forestale: esperienze, limiti e prospettive*

G. CARRUS

*Foresta e verde urbano e benessere psicofisico*

G. SPANO

*Salute, benessere e verde urbano: un approccio transdisciplinare*

C. BRUNETTI

*Terpeni emessi dalle Foreste Mediterranee: dai metodi di rilevazione ai benefici per la salute umana*

F. SALBITANO

*Il comfort della natura in città fra progettazione e gestione delle foreste urbane e delle soluzioni basate sulla natura*

12.30 - *Conclusione dei lavori*

FRANCESCA CIRULLI<sup>1</sup>

## Salute mentale, natura e verde urbano in una prospettiva neurobiologica

<sup>1</sup> Centro di Riferimento per le Scienze comportamentali e la Salute Mentale, Istituto Superiore di Sanità

(Sintesi)

La specie umana vive nelle città da poche centinaia di anni, un tempo assai breve della nostra storia evolutiva, che non ha permesso un pieno adattamento all'ambiente urbano che quindi risulta associato a un aumento delle patologie mentali. La nostra specie, grazie alla propria storia evolutiva, possiede una particolare sensibilità verso ciò che è “naturale” e ha una grande capacità di entrare in connessione profonda con ciò che è vivente. La nostra mente, in particolare, trova appagamento dall'immersione nella natura. A esempio, passeggiare in una foresta riduce i pensieri negativi e la “rumination” che sono caratteristiche degli stati depressivi. Al contrario, ambienti a maggiore tasso di urbanizzazione sono associati a un'attivazione disfunzionale di aree cerebrali deputate all'elaborazione ed espressione delle emozioni e alla base di patologie mentali quali la schizofrenia. In Giappone il “bagno nella foresta” o *shinrin-yoku* rientra nei percorsi ufficiali della medicina. Le evidenze scientifiche indicano che tale pratica porta a un potenziamento delle difese immunitarie e a un miglioramento delle funzioni cardiovascolari. È dunque strategico per il futuro promuovere lo sviluppo di spazi verdi e delle foreste urbane quali determinanti fondamentali per la salute pubblica. Sfruttare le potenzialità offerta dal contatto con la natura è un'occasione che va colta anche nel nostro paese per trovare un giusto connubio tra politiche ambientali, difesa del territorio e salute umana.

*The human species has been living in cities for a few hundred years, a very short time in our evolutionary history, which has not allowed full adaptation to the urban environment, therefore associated with an increase in mental pathologies. Our species, thanks to its own evolutionary history, has a particular sensitivity towards*

*what is “natural” and has a great ability to enter into a deep connection with living beings. Our mind, in particular, finds satisfaction from nature immersion. For example, walking in a forest reduces the negative thoughts and “rumination” that are characteristic of depressive states. On the contrary, environments with a higher rate of urbanization are associated with a dysfunctional activation of brain areas responsible for the expression of emotions which form the basis of mental pathologies such as schizophrenia. In Japan, ‘bathing in the forest’ or shinrin-yoku is one of the official paths of medicine. Scientific evidence indicates that this practice leads to an enhancement of the immune defenses and an improvement of cardiovascular functions. It is therefore strategic for the future to promote the development of green spaces and urban forests as fundamental determinants of public health. Exploiting the potential offered by contact with nature is an opportunity that must be exploited also in our country to combine effectively environmental policies, territorial defense and human health.*

FRANCESCO RICCARDO BECHERI<sup>1</sup>

## Terapia forestale: esperienze, limiti e prospettive

<sup>1</sup> Fondatore e responsabile scientifico Stazione di Terapia Forestale Pian dei Termini

(Sintesi)

La Terapia Forestale rappresenta uno strumento di medicina preventiva. Questa disciplina, attraverso il metodo scientifico, analizza la relazione terapeutica tra uomo e ambiente forestale e i suoi effetti benefici. Si tratta di un ambito di ricerca interdisciplinare e inclusivo che integra studi sugli esseri umani, ambientali, sulla salute e sull'economia. Il progetto pilota per la ricerca e lo sviluppo sulla terapia forestale di Pian dei Termini, ha fin dall'inizio guardato al Giappone come partner e modello al quale ispirarsi, per sviluppare un'azione scientificamente fondata e fortemente orientata ad una prospettiva internazionale.

Uno degli obiettivi principali del progetto è quello di contribuire a definire un modello replicabile in Italia e all'estero. In questa ottica aver creato un comitato scientifico interdisciplinare, attraverso relazioni con autorevoli enti di ricerca ed università, ha rappresentato la base indiscussa dalla quale partire (2019). Questo approccio virtuoso ha stimolato l'attenzione sul nostro lavoro, portando alla definizione di un protocollo d'intesa nazionale (2021) che ci vede tra la parti sottoscrittrici e ha come scopo: «la caratterizzazione e qualificazione scientifica delle aree verdi quali fattori di prevenzione e promozione della salute, incluso lo sviluppo di Stazioni di Terapia Forestale sul territorio italiano».

*Forest Therapy represents a preventive medicine tool. This discipline, through the scientific method, analyzes the therapeutic relationship between man and the forest environment and its beneficial effects. It is an interdisciplinary and inclusive research area that integrates studies on human beings, the environment, health and economics. The pilot project for research and development on forest therapy in*

*Pian dei Termini, has from the beginning looked to Japan as a partner and model to be inspired by, to develop a scientifically based action strongly oriented to an international perspective.*

*One of the main objectives of the project is to help define a model that can be replicated in Italy and abroad. In this perspective, having created an interdisciplinary scientific committee, through relations with authoritative research bodies and universities, has represented the undisputed basis from which to start (2019). This virtuous approach has stimulated attention to our work, leading to the definition a cooperation agreement (2021) that sees us as the signatory parties and has as its purpose: “the scientific characterization and qualification of green areas as prevention factors and health promotion, including the development of Forest Therapy Stations on the Italian territory.*



GIUSEPPE CARRUS<sup>1</sup>

## Foresta e verde urbano e benessere psicofisico

<sup>1</sup> Dipartimento di Scienze della Formazione, Università degli Studi Roma Tre

(Sintesi)

Viene discusso il ruolo delle caratteristiche fisiche degli ambienti di vita quotidiana, e in particolare delle foreste e del verde urbano, per la promozione del benessere di individui, gruppi e comunità. Nello specifico, si sottolinea il contributo della psicologia ambientale come ambito teorico e di ricerca utile per capire i processi psicologici alla base della relazione tra ambiente naturale e benessere. Questa relazione è illustrata attraverso il concetto di “ambienti rigenerativi”, ossia tipologie di luoghi che promuovono, e non semplicemente consentono, la riduzione dello stress, il recupero dell’attenzione diretta, l’incremento delle emozioni positive e il miglioramento delle relazioni sociali. Infine, vengono brevemente presentati i concetti di *walkability* e “ambienti positivi”, e vengono discusse le implicazioni di questi concetti ai fini di una sinergia tra promozione del benessere delle persone e sostenibilità ambientale.

*We discuss the role of the physical characteristics of the daily life environments, and in particular of urban green spaces and urban forests, for promoting the well being of individuals, groups and communities. Specifically, we focus on the theoretical and empirical contribution of environmental psychology to understand the psychological processes involved in the relation between well being and the natural features of everyday physical settings. This relation is illustrated through the concept of restorative environments: places that promote, and not only permit, the recovery from stress, the restoration of directed attention, the increase of positive emotions, and the improvement of social relations. Finally, the concepts of walkability and positive environments are briefly illustrated, and their implications for the simultaneous promotion of human well being and environmental sustainability are discussed.*

GIUSEPPINA SPANO<sup>1</sup>

## Salute, benessere e verde urbano: un approccio transdisciplinare

<sup>1</sup> Dipartimento di Scienze Agro Ambientali e Territoriali (DISAAT), Università degli Studi di Bari Aldo Moro

Le *Nature-Based Solution* (NBS), ovvero soluzioni naturali basate sulla natura, sono state definite dalla Commissione Europea «azioni che hanno il fine di apportare benefici a livello ambientale, sociale ed economico». Queste azioni non sono altro che l'inclusione di elementi naturali nel contesto urbano.

L'esposizione a elementi naturali come le NBS è associata a un grandissimo numero di benefici per la salute umana. Particolarmente studiati sono proprio i legami con la salute mentale e il benessere, dalla riduzione dello stress, alla rigenerazione cognitiva, ma anche un gran numero di studi epidemiologici che indagano gli effetti di questa esposizione sulle malattie neurodegenerative come l'Alzheimer e il Parkinson.

Dal punto di vista strettamente psicologico, recenti studi hanno mostrato come il coinvolgimento dei bambini in attività legate alla natura, in termini non solamente di mera esposizione ma anche e soprattutto di interazione con elementi naturali, abbia un effetto protettivo rispetto agli abusi e le esperienze disfunzionali vissute nell'infanzia. In poche parole, recenti evidenze sottolineano come l'interazione con la natura abbia un effetto benefico addirittura retroattivo sul trauma infantile (Putra et al., 2020).

A questo effetto retroattivo, se ne associa uno potenzialmente proattivo nei confronti del comportamento pro-ambientale in giovani studenti, il quale è associato a minore depressione, stress e ansia, a cui è particolarmente sensibile tale popolazione target (Sachs et al., 2020).

Per quanto riguarda l'età adulta, ci sono moltissime evidenze a disposizione sugli effetti benedici degli NBS sulla salute psicologica, in quanto essi vanno a comporre la popolazione più studiata. Tuttavia, vale la pena fare una breve menzione a un recente studio di Ebish (2020) che ha fornito nuovi insight sul ruolo degli spazi verdi sulle psicosi. L'autore fornisce una panoramica su verde

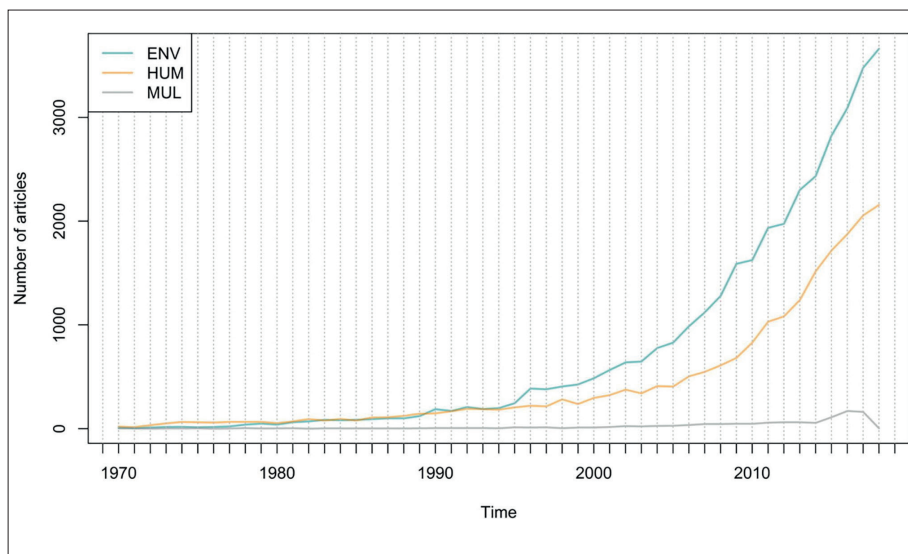


Fig. 1 *Crescita della produzione scientifica annuale di studi su riviste di scienze ambientali (ENV), scienze umane (HUM) e multidisciplinari (MUL) (figura da Spano et al., 2020)*

e attivazione cerebrale legata in particolare alla schizofrenia. È necessario fare altri studi a tal riguardo, soprattutto epidemiologici, ma se così fosse, questo sarebbe un importantissimo modo per mitigare sia la cronicità della malattia e sia il peso economico che grava sul sistema sanitario nazionale a causa della schizofrenia e delle psicosi in generale.

Infine, un breve accenno a uno dei più recenti lavori disponibili, di Wu e Jackson (2021) che mostra la presenza di una relazione inversa tra spazio verde e malattia di Alzheimer in una coorte di circa 3000 cittadini statunitensi. Questo tema però è ancora oggetto di approfondita indagine in quanto la presenza di mediatori quali l'inquinamento atmosferico e acustico gioca un ruolo cruciale nella suddetta relazione.

Ormai è chiaro come questi temi di ricerca non siano più ad appannaggio esclusivo di una o due discipline bensì assistiamo al consolidamento di un vero e proprio nuovo paradigma di ricerca ovvero quello che unisce la salute umana in tutte le sue declinazioni e l'esposizione alla natura.

Ma come siamo arrivati a questo?

In uno studio di Spano e collaboratori (2020) è stata analizzata dal punto di vista temporale la nascita e l'evoluzione di quella che abbiamo chiamato "Human Health-Environment Interaction Science". Attraverso un'analisi bibliometrica di più di sessantacinquemila pubblicazioni su riviste tradizio-

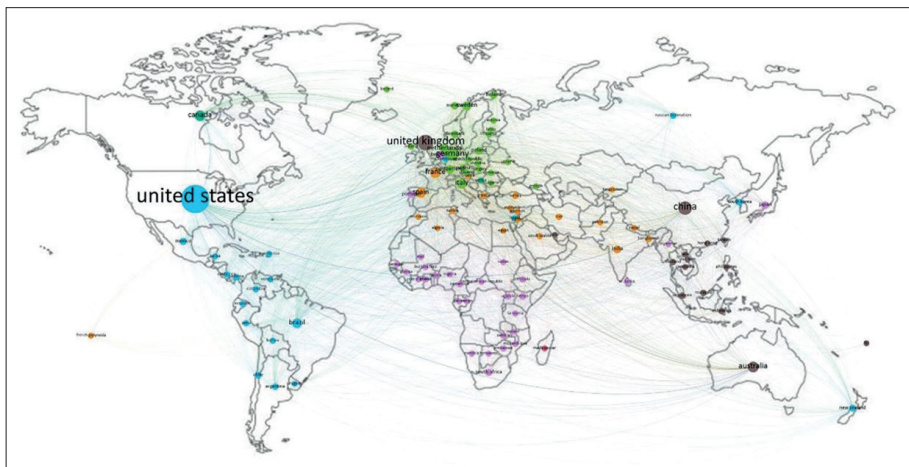


Fig. 2 Mappa del mondo che mostra i nodi e le collaborazioni scientifiche tra i Paesi. La dimensione del nodo è una funzione del numero di documenti prodotti dagli autori di un determinato paese. La dimensione dei collegamenti indica il numero di documenti condivisi tra autori di diverse nazionalità, mentre il colore dei nodi indica il cluster di appartenenza di ciascun Paese (figura da Spano et al., 2020)

nalmente incentrate sulla salute umana o sull'ambiente, è stato possibile distinguere una serie di fasi o in cui sono avvenuti i cambiamenti che ci hanno portato alla contaminazione scientifica attuale.

In figura 1 è possibile osservare la crescita negli ultimi 50 anni circa delle pubblicazioni sui due settori appena menzionati e sulle riviste definite multidisciplinari. È possibile notare un'improvvisa accelerazione della crescita dagli anni '90, soprattutto per quanto riguarda le riviste tipicamente ambientali.

Successivamente (fig. 2), possiamo osservare una rappresentazione geografica relativa non solo al numero di pubblicazioni per Paese ma delle collaborazioni internazionali su questi temi.

Attraverso l'analisi della letteratura scientifica e delle parole chiave, è stato possibile identificare quattro fasi storiche con precisi riferimenti temporali. La prima fase è stata denominata *multidisciplinare* perché caratterizzata da una forte separazione dei temi di ricerca. In questo periodo, tuttavia, troviamo la pubblicazione di alcune tra le pietre miliari che sono servite come base per la maggior parte degli studi a seguire.

Successivamente, è rintracciabile una fase *cross-disciplinare* nella quale assistiamo a una iniziale contaminazione nelle pubblicazioni. È solo nella terza fase, quella *interdisciplinare*, che inizia la vera sovrapposizione. Le parole chiave *climate change* ed *ecosystem service* diventano centrali a prescindere dalle appartenenze di settore.

Infine, abbiamo la fase *transdisciplinare* che caratterizza la sovrapposizione attuale. In questa fase, le associazioni tra parole chiave sono praticamente equivalenti, a prescindere dalle riviste. Questa è la fase dei finanziamenti europei, per esempio, gli Horizon 2020, e di una complessiva maggiore attenzione ai temi legati alla sostenibilità.

Finora abbiamo concentrato l'attenzione su salute umana e ambiente ma se allarghiamo ancora lo sguardo, notiamo che in questa transdisciplinarietà c'è anche altro, ovvero le scienze economiche, politiche, giuridiche, ecc. Per esempio, in un recente studio (Giannico et al., 2021), 51 Paesi europei sono stati analizzati da un punto di vista di verde urbano e percezione della qualità della vita, sia generale che specifica per determinati aspetti urbani. Il modello in figura 3 mostra come la quota di verde urbano (espressa in NDVI, un indicatore di presenza di vegetazione viva) predice positivamente la qualità della vita percepita, che è mediatore della percezione rispetto all'ambiente, all'inclusione sociale e alla gestione urbana in una serie di elementi che li caratterizzano, quali "qualità dell'aria", "presenza di stranieri", e "trasporti pubblici".

Un aspetto particolarmente interessante che viene sottolineato in questo studio è che il reddito pro-capite risulti essere un moderatore nella relazione tra verde urbano e qualità della vita, e che nei Paesi con più basso reddito pro-capite, l'associazione tra verde pubblico e qualità della vita percepita è più robusta.

Dopo un breve *excursus* storico, facciamo un salto nel presente. Come sappiamo tutti, la pandemia ha comportato delle misure restrittive che tutti noi abbiamo sofferto. Una sempre crescente quantità di evidenze scientifiche hanno mostrato che la salute psicologica ha particolarmente risentito di questa condizione. In un recente studio (Spano et al., 2021), abbiamo indagato le associazioni tra elementi verdi cosiddetti *indoor* (come presenza di piante in casa, presenza di illuminazione solare e vista di verde dalla finestra) ed elementi *outdoor* (presenza di spazio verde privato e quota di verde circostante alla casa) e il peggioramento di dieci variabili psicologiche (ansia, rabbia, paura, confusione, umore altalenante, noia, irritabilità, pensieri ricorrenti, scarsa concentrazione e disturbi del sonno). Sono stati riscontrati degli effetti differenziati tra i vari elementi verdi e le variabili psicologiche. Per esempio, una maggiore quota di luce solare in casa è associata a minore aumento di rabbia, scarsa concentrazione e disturbi del sonno, mentre gli elementi verdi *indoor* erano maggiormente associati a un minor peggioramento di quasi tutte le variabili psicologiche.

Se in questo studio abbiamo esplorato gli elementi verdi dentro casa o adiacenti a essa, in quest'altro lavoro (Ugolini et al., 2020) gli autori hanno indagato la percezione degli spazi verdi urbani durante il lockdown su scala internazionale. È emerso che per le persone, gli spazi verdi urbani, soprattutto i parchi sono percepiti come elementi fondamentali, molto più che prima

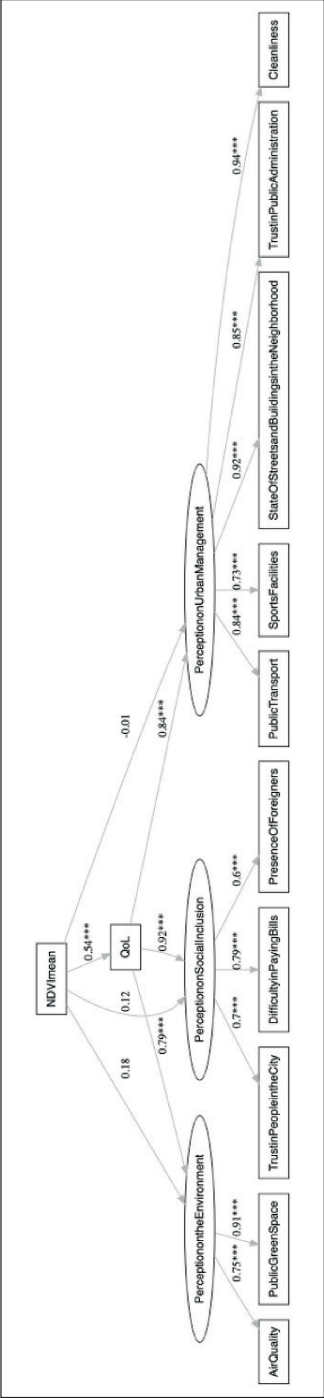


Fig. 3 Modelli di equazione strutturale che testa la qualità della vita percepita (QoL) come mediatore tra il punteggio medio della quota di verde (NDVI medio) e la percezione sull'ambiente, sull'inclusione sociale e sulla gestione urbana come costrutti (ovvero variabili latenti). Tutte le stime dei parametri sono standardizzate. Significatività statistica:  $p < 0,05^*$ ;  $p < 0,01^{**}$ ;  $p < 0,001^{***}$  (figura da Giannico et al., 2021)

dell'avvento del Covid-19. Questo risultato sostiene la necessità di pianificazione urbana post-Covid in un'ottica molto più *green*.

Infine, concludiamo con uno sguardo al futuro. Tra gli aspetti prioritari segnaliamo:

1) la sempre maggiore diffusione degli approcci terapeutici basati sulla natura, come il *forest bathing* e il giardinaggio terapeutico, fino ad arrivare a quelle che sono definite *green prescription*. A parte il risvolto per la salute umana, queste pratiche possono rappresentare un'ottima opportunità per alleggerire il carico economico sui costi della sanità pubblica, per esempio, per mitigare gli effetti comportamentali dei disturbi età-correlati;

2) un doveroso rimando ai concetti di *Environmental Justice*. Un modo per aumentare la quota di verde accessibile a tutti, a prescindere da reddito e altri elementi correlati, può essere quella di creare insieme a grandi NBS dei piccolissimi spazi verdi a macchia di leopardo su tutto il territorio urbano, che vengono correntemente chiamati "pocket park". Questi sarebbero degli spazi verdi utili per l'attività fisica, la socializzazione, e per tutte le attività da cui traggono vantaggio i fruitori dei grandi spazi verdi. Tali piccole isole di verde andrebbero però disseminate nel contesto urbano e quindi rese accessibili a una grandissima fetta di cittadini e non solo a coloro che abitano in un determinato quartiere, o area in cui si trovano le grandi NBS, solitamente coincidente con la parte più ricca del territorio urbano;

3) una menzione alla valorizzazione di altre aree naturali rispetto a quelle verdi, quali quella marina (già studiata in stretta connessione a quella verde) e quella montana, di cui sono già presenti le prime evidenze scientifiche sui benefici per la salute. Tali ambienti rappresentano un grandissimo potenziale soprattutto per quanto riguarda l'utilizzo della realtà virtuale come sostituto o supporto all'esposizione naturale *in vivo*, specialmente per gli individui impossibilitati a spostarsi per condizioni particolari.

## RIASSUNTO

I benefici per la salute fisica e psicologica derivanti dalla presenza di elementi naturali in contesti urbani sono ormai ben riconosciuti. Studi sperimentali ed epidemiologici hanno fornito molteplici evidenze scientifiche a sostegno degli effetti a breve e a lungo termine dell'esposizione alle cosiddette "nature-based solution" ovvero soluzioni naturali basate sulla natura poste in ambiente urbano. L'attenzione per l'interazione tra ambiente ed essere umano si è consolidata nel tempo e ha via via influenzato una serie di aspetti che rientrano nella più ampia definizione di "OneHealth", un approccio collaborativo e transdisciplinare che mette persone, animali, piante e i loro ambienti al centro di un sistema interconnesso. Da un punto di vista scientifico, l'evoluzione di tale approccio



ha visto l'emergere di nuovi paradigmi che hanno sostituito le vecchie visioni settoriali per creare teorie, prodotti scientifici, e visioni completamente nuove. Da un punto di vista pratico, l'applicazione di questo paradigma in azioni tangibili è una priorità. Negli ultimi tempi, infatti, assistiamo sempre più frequentemente a fenomeni estremi, quali pandemie, alluvioni, innalzamento delle temperature, come conseguenze dell'interazione disadattiva tra essere umano e ambiente. Uno sforzo congiunto e partecipato di esperti, decisori politici e popolazione generale è indispensabile per la messa a punto di un futuro sostenibile.

#### ABSTRACT

Physical and psychological health benefits derived from the presence of natural features in urban contexts are now well recognized. Experimental and epidemiological studies have provided multiple scientific evidence in support of the short- and long-term effects derived from the exposure to the so-called nature-based solutions in urban contexts. The attention to the interaction between the environment and the human being has consolidated over time and has gradually influenced a series of aspects that fall within the broader definition of "OneHealth", a collaborative and transdisciplinary approach that has at its center people, animals, plants, and their environments in an interconnected system. From a scientific point of view, the evolution of this approach has seen the overcome of sectoral visions to create completely new theories, scientific products, and outlooks. From a practical point of view, the application of this paradigm in tangible actions is a priority. In recent times, we are increasingly witnessing extreme phenomena, such as pandemics, floods, rising temperatures, as consequence of a maladaptive interaction between humans and the environment. A joint and participatory effort of experts, policy makers, and the general population is essential for the development of a sustainable future.

#### BIBLIOGRAFIA

- PUTRA I.G.N.E., ASTELL-BURT T., CLIFF D.P., VELLA S.A., JOHN E.E. & FENG X. (2020): *The relationship between green space and prosocial behaviour among children and adolescents: a systematic review*, «Frontiers in Psychology», 11, 859.
- SACHS N.A., RAKOW D.A., SHEPLEY M.M. & PEDITTO K. (2020): *The potential correlation between nature engagement in middle childhood years and college undergraduates' nature engagement, proenvironmental attitudes, and stress*, «Frontiers in psychology», 11, 2919.
- EBISCH S.J. (2020): *The self and its nature: a psychopathological perspective on the risk-reducing effects of environmental green space for psychosis*, «Frontiers in Psychology», 11, 3135.
- WU J. & JACKSON L. (2021): *Greenspace Inversely Associated with the Risk of Alzheimer's Disease in the Mid-Atlantic United States*, «Earth», 2 (1), pp. 140-150.
- SPANO G., GIANNICO V., ELIA M., BOSCO A., LAFORTEZZA R. & SANESI G. (2020): *Human health-environment interaction science: an emerging research paradigm*, «Science of The Total Environment», 704, 135358.
- GIANNICO V., SPANO G., ELIA M., D'ESTE M., SANESI G. & LAFORTEZZA R. (2021):



- Green spaces, quality of life, and citizen perception in European cities*, «Environmental Research», 196, 110922.
- SPANO G., D'ESTE M., GIANNICO V., ELIA M., CASSIBBA R., LAFORTEZZA R. & SANESI G. (2021): *Association between indoor-outdoor green features and psychological health during the COVID-19 lockdown in Italy: A cross-sectional nationwide study*, «Urban forestry & urban greening», 62, 127156.
- UGOLINI F., MASSETTI L., CALAZA-MARTÍNEZ P., CARIÑANOS P., DOBBS C., OSTOIĆ S.K., ... & SANESI G. (2020): *Effects of the COVID-19 pandemic on the use and perceptions of urban green space: An international exploratory study*, «Urban forestry & urban greening», 56, 126888.

CECILIA BRUNETTI<sup>1</sup>

## Terpeni emessi dalle Foreste Mediterranee: dai metodi di rilevazione ai benefici per la salute umana

<sup>1</sup> Istituto per la Protezione Sostenibile delle Piante (IPSP), CNR

(Sintesi)

Il bacino del Mediterraneo rappresenta uno dei principali hotspot in termini di biodiversità vegetale e molte specie mediterranee producono e rilasciano terpeni volatili. Questi composti hanno un ruolo chiave per garantire la sopravvivenza delle piante in ecosistemi caratterizzati da condizioni ambientali critiche e la loro emissione dipende da molteplici fattori biotici e abiotici. L'induzione dell'emissione di terpeni in seguito a condizioni di stress può essere vista come parte di una complessa risposta della pianta per alleviare le conseguenze negative dello stress e continuare l'attività fotosintetica. Queste molecole svolgono importanti funzioni antiossidanti a livello cellulare, migliorando così la tolleranza alle alte temperature e alla siccità, agendo anche come repellenti per insetti erbivori. Oltre ai loro ruoli nei tessuti vegetali, i terpeni forniscono molteplici benefici per la salute degli esseri umani. Gli importanti benefici dei terpeni volatili per la salute umana sono stati recentemente studiati, dimostrando che passeggiare nella foresta è benefico per l'uomo grazie agli aerosol biogenici. In particolare, l'inalazione di terpeni volatili durante la pratica del "forest bathing" può aumentare le cellule Natural Killer (NK) che agiscono contro i tumori e aiutare a ridurre l'ansia. Le metodologie analitiche applicate negli studi di ecofisiologia per misurare le concentrazioni di terpeni nell'ambiente forestale potranno essere applicate in futuri studi multidisciplinari volti a indagare i composti bioattivi più efficaci nel "forest bathing".

*The Mediterranean basin represents one of the hotspots in terms of plant biodiversity and many Mediterranean species synthesize and release an intense blend of highly volatile terpenes. These compounds have a key role to ensure plant survival in harsh ecosystems and their emission depends on several biotic and abiotic fac-*

tors. The induction of terpene emission by various stress factors can be understood as part of a complex plant response to alleviate the negative consequences of stress and maintain the photosynthetic activity. These molecules play important anti-oxidant functions at cellular level, thus improving heat and drought tolerance, while acting as repellents for dangerous herbivores. In addition to their roles in plant tissues, terpenes provide multiple health-promoting benefits for humans. The important benefits of volatile terpenes in the forest atmosphere for human health have been recently investigated, showing that a short trip to the forest is beneficial for humans thanks to the biogenic aerosols. In particular, inhaling volatile terpenes during the practice of “forest bathing” may increase Natural Killer (NK) cells acting against cancer and reduce anxiety. The analytical methodologies applied in ecophysiological studies to measure terpene concentrations in forest environment may be applied in future multidisciplinary studies aimed to investigate the most effective bioactive compounds in “forest bathing”.

## Considerazioni conclusive

Scopo del convegno è stato quello discutere e illustrare alcune delle ricerche più importanti relative alla natura e alla salute pubblica per aiutare gli urbanisti, gli architetti, gli educatori, i professionisti della salute e le comunità dei cittadini a comunicare efficacemente i benefici per la salute della natura urbana ai loro componenti. Il ritmo della ricerca sulla salute della natura si sta infatti espandendo fortemente e l'aumento dei finanziamenti sta sostenendo ulteriori studi e nuovi approcci alla progettazione sperimentale che forniranno prove ancora più tangibili della connessione tra l'ambiente naturale e il benessere umano.

Recenti rapporti di istituti internazionali e i risultati di ricerche condotte in diversi Paesi del mondo ci dicono che c'è anche un significativo ritorno economico degli investimenti sulla "Natura" e ciò dovrebbe incoraggiare gli interventi sul benessere psicologico.

Che cosa è emerso quindi dal confronto dei diversi saperi? Sostanzialmente è emersa la necessità sempre più forte di incrementare il nostro contatto con la natura e aumentare il tempo che in essa trascorriamo.

Non c'è dubbio che le aree naturali, i boschi, le foreste abbiano un'efficacia molto elevato nel miglioramento della nostra salute e del nostro benessere. Purtroppo, non sempre è possibile avere accesso regolare ad aree naturali ed ecco che appare forte e inderogabile la necessità di ampliare quanto più possibile la percentuale di tessuto urbano occupata da aree verdi, in particolare le aree alberate.

Dobbiamo smettere di pensare al verde urbano come "un arredo" al servizio della città, ma dobbiamo pensare a una città al servizio del verde e al verde come una vera e propria cura.

E dobbiamo piantare alberi proprio sulla base di ciò che ci dice la ricerca e non tanto per fare numero, piantandoli laddove essi sono più efficaci ed efficienti e dove possono estrinsecare al massimo i loro benefici.

# Water in agriculture: a better use for a better world

15 settembre 2021

## Programme

Chair: Federica Rossi, Accademia dei  
Georgofili, CNR-IBE

*Opening and welcome to participants*

MARINA BALDI, CNR-IBE, Director of  
WMO RTC Italy

*Climate change as an added pressure on  
water resources*

Session 1 - Management and re-use  
Co-chair: Massimo Gargano, General  
Director ANBI

TOMMASO LETTERIO

& FRANCESCO CAVAZZA, CER

*Innovation to water management in Italy: a  
territorial approach and a decision support  
system for farmers*

ADRIANO BATTILANI, ANBI-General  
Secretary of Irrigants d'Europe  
*Water and drought management in the  
Mediterraneum*

FRANCESCO VINCENZI, President ANBI  
*Re-use: the case Italy. The value of irrigation,  
innovation and water saving*

FRANCESCO BATTISTONI, Sottosegretario di  
Stato Ministero per le Politiche Agricole  
*Alimentari e Forestali, Italian Government  
Orientation from the Italian Government*

Session 2 - The International Context  
Co-chair: Adriano Battilani, ANBI-  
General Secretary of Irrigants d'Europe

SUE WALKER, Agricultural Research  
Council, Natural Resources and  
Engineering, South Africa  
*Water management, climate change and  
agriculture: the experience from South Africa*

NABATSU CHATTOPADYAY, Former Head  
Agricultural Meteorology Division, Indian  
Meteorological Department, India  
*Water management, climate change and  
agriculture: the experience from India*

SCOTT POWER, Director Centre for  
Applied Climate Sciences, University of  
Queensland, Australia  
*Water management, climate change and  
agriculture: the experience from Australia*

ORIVALDO BRUNINI, Coordenador Centro  
Integrado de Informações  
Agrometeorológicas (IAC-FUNDAG),  
Presidente Fundação de Apoio à Pesquisa  
Agrícola-FUNDAG, Brazil  
*Water management, climate change and  
agriculture: the experience from Brazil*

PAOLO DE CASTRO, European Parliament  
*The European vision*

*Wrap up & conclusions*  
Paolo Mannini (CER),  
MASSIMO GARGANO (ANBI),  
FEDERICA ROSSI (Accademia dei  
Georgofili, CNR-IBE)

1.30 p.m. - *Closure*

## Considerazioni conclusive

In questo momento storico di crescita della popolazione, di aumento del rischio climatico, della scarsità di molte risorse, l'agricoltura è chiamata a una urgente evoluzione verso la sostenibilità ambientale, economica e sociale. La naturale intrinseca resilienza e capacità di adattamento della agricoltura e degli agricoltori, da sempre avvezzi a produrre in ambienti instabili, deve essere necessariamente oggi supportata da politiche gestionali che tengano in conto delle urgenze climatiche cui è sottoposta.

La disponibilità d'acqua per la produzione agricola è ora tra i maggiori problemi all'attenzione del mondo: la stagionalità, l'entità e la distribuzione delle piogge sono cambiate e in molte aree della terra, inclusi Paesi del bacino del Mediterraneo, frequenti e diffusi eventi di siccità rendono necessaria l'irrigazione di molte più colture rispetto al passato e, in generale, con maggiore apporti.

Il 15 settembre 2021, in occasione del G20 dei ministri dell'Agricoltura a Firenze, anche i Georgofili hanno affrontato il delicato e imprescindibile problema della gestione della risorsa idrica, unendo attorno a un tavolo, assieme alla rappresentanza italiana dell'Accademia, di ANBI Associazione Nazionale Bonifiche, del CER Consorzio per il Canale Emiliano Romagnolo, del CNR-IBE e del Parlamento europeo, esperti e scienziati di grandi Paesi in rappresentanza dei 5 continenti (Italia, Australia, Brasile, India, Sud Africa).

L'evento ha raccolto testimonianze di grande interesse, facendo emergere come il problema di un corretta gestione dell'acqua per la produzione agricola sia un problema globale, al di là degli specifici aspetti locali che riguardano la geografia, la tipologia di colture e il contesto sociale e culturale dei diversi Paesi e continenti.

Sono emerse, assieme a osservazioni climatologiche e ad analisi di scenari futuri, soluzioni e opportunità per l'adattamento, anche di tipo partecipativo quali ad esempio un maggiore supporto educativo dei produttori verso l'uso di previsioni meteo-climatiche per decisioni di tipo tattico (necessità di intervento oppure no) e strategico (pianificazione dell'assetto colturale in azienda). Sono di grande e riconosciuta importanza i sistemi di irrigazione automatizzati e a basso consumo, e i sistemi personalizzati di supporto alle decisioni che giungono agli agricoltori tramite cellulari, come IRRIFRAME ormai usato dalla maggioranza del comparto produttivo italiano. Inoltre si è sottolineato lo sviluppo di soluzioni che aumentino i quantitativi di acqua disponibile per le colture, come la desalinizzazione, il re-uso, la cui regolamentazione entrerà in atto il prossimo anno, la costruzione di bacini a basso impatto energetico e di riserve, anche sotterranee.

In sintesi i punti strategici emersi hanno evidenziato come, in presenza di un accresciuto rischio legato al cambiamento climatico associato alla variabilità, sia vitale supportare gli agricoltori nel costruire una propria resilienza climatica, offrendo loro approcci pratici, che in gran parte esistono ma che in altra parte vanno migliorati o resi possibili, cercando però, allo stesso tempo, che questi non accrescano le emissioni di gas serra, o riducano la biodiversità.



# Il patrimonio forestale italiano come capitale naturale

22 settembre 2021

## Programma

14.15 - Saluti istituzionali

Introduce e modera:

PIERMARIA CORONA, Vice Presidente Accademia Italiana di Scienze Forestali

Relazioni:

CARLO CALFAPIETRA, Consiglio Nazionale delle Ricerche

GIUSEPPE SCARASCIA MUGNOZZA, Università degli Studi della Tuscia

*Foreste nel Quarto Rapporto sullo stato del capitale naturale in Italia*

GHERARDO CHIRICI, Università degli Studi di Firenze

*Monitoraggio su larga scala dei sistemi forestali*

CARLO BLASI, Università La Sapienza Roma

*Dalle foreste naturali ai boschi urbani*

FEDERICO MAGNANI, Fondazione AlberItalia

*Messa a dimora di alberi per la tutela e il ripristino funzionale dell'ambiente*

SUSANNA NOCENTINI, Università degli Studi di Firenze

*Nuove prospettive per la selvicoltura e la gestione forestale*

RENZO MOTTA, Società Italiana di Selvicoltura ed Ecologia Forestale

*Ricerca a supporto della conservazione e valorizzazione del patrimonio forestale italiano*

RINALDO COMINO, Conferenza delle Regioni e delle P.A.

*Ruolo delle Regioni per la gestione forestale sostenibile*

DAVIDE DE LAURENTIS, Arma dei Carabinieri

*Attività dei Carabinieri Forestali a difesa del patrimonio boschivo*

ALESSANDRA STEFANI, Ministero delle politiche agricole alimentari e forestali

*Attività della Direzione Foreste ed Economia Montana nell'ambito della crescita del capitale naturale forestale*

18.00 - Conclusione dei lavori

RAFFAELLO GIANNINI<sup>1</sup>

## Il patrimonio forestale italiano come capitale naturale

<sup>1</sup> Accademia dei Georgofili

Sono onorato e lieto di porgere il saluto del presidente dell'Accademia dei Georgofili, prof. Massimo Vincenzini, che ha voluto, congiuntamente all'Accademia Italiana di Scienze Forestali e alla Società di Selvicoltura ed Ecologia Forestale, sottolineare il ruolo strategico ed esistenziale svolto dagli ecosistemi forestali nei confronti della sopravvivenza dell'intera umanità attraverso questa giornata di studio su "Il patrimonio forestale italiano come capitale naturale" che si inserisce nel contesto del vertice dei ministri dell'Agricoltura G20 conclusosi quattro giorni fa nella nostra Firenze.

Sono anche lieto di incontrarvi nuovamente in questa sala anche se in "presenza controllata", ma aperta in video conferenza, significando, ciò, incentivo di ripresa e superamento delle drammatiche situazioni create dalla diffusione della pandemia virale.

Il tema che oggi verrà affrontato è di grande attualità se non altro per il fatto che le foreste coprono oltre un terzo della superficie del nostro Paese e contribuiscono a fornire una amplissima moltitudine di beni e di utilità ecosistemiche tra cui la mitigazione ai cambiamenti climatici e la partecipazione allo sviluppo della bioeconomia circolare, in particolare nelle aree interne e montane. In questo contesto non possiamo dimenticare che è sempre presente l'azione dirompente dei disturbi estremi: uragani, tempeste di vento, incendi.

In uno scenario così complesso è necessario e improcrastinabile disporre di linee guida operative per una gestione sostenibile delle foreste tese a favorire l'uso delle loro risorse nel rispetto della loro conservazione, della loro funzionalità e della loro potenzialità produttiva. In questo senso è necessario appropriarsi di una strategia dinamica del problema ben sapendo che le soluzioni devono inserirsi su una visione virtuosa globalizzante, in cui il corretto uso

delle risorse consideri gli aspetti ambientali allo stesso livello di importanza di quelli sociali e di quelli economici.

Siamo di fronte a un quadro di difficile comprensione a causa dell'elevato numero dei fattori coinvolti che deve avere comunque visibilità per una gestione sostenibile efficace, le cui fondamenta risiedono nella comprensione di come boschi diversi, presenti in ambienti differenti, corredati da patrimoni genetici e potenziali adattativi specie/specifici variabili, siano capaci di resistere e reagire all'azione delle componenti dei cambiamenti in atto.

Al proposito desidero ricordare quanto indicato dalla Conferenza Ministeriale per la Protezione delle Foreste in Europa (1993).

La gestione e l'uso delle foreste e dei territori forestali deve svilupparsi a un tasso di utilizzo che consenta di mantenere la biodiversità, la produttività, la capacità di rinnovazione, vitalità e potenzialità a livelli capaci di adempiere, ora e nel futuro, a rilevanti funzioni ecologiche, economiche e sociali a livello locale, nazionale e globale senza comportare danni ad altri ecosistemi.

Dopo quasi trenta anni dall'enunciazione di tale dichiarazione quale tasso di utilizzo hanno subito le foreste?

Restiamo allibiti da quanto indica il più recente Rapporto (2021) Global Forest Watch: 4,2 milioni di ettari di foresta tropicale distrutta nel 2020!

Punto cruciale nella gestione sostenibile è rappresentato dalla conservazione della biodiversità in generale e della variabilità genetica in particolare. Difatti il controllo e la regolazione dei processi funzionali è determinato dalla componente genetica dei genomi degli organismi presenti a livello dell'ecosistema che si configurano come il motore che conferisce perpetuità al sistema stesso da una generazione all'altra. È chiaro allora che la perdita di variabilità diviene reale minaccia alla sopravvivenza.

In un contesto di sostenibilità risulta essenziale la riduzione dei fattori di disturbo che nel caso della foresta si identifica nella ricerca della migliore strategia tra il prelievo della biomassa e la conservazione dei più alti livelli della funzionalità dell'ecosistema.

Lo studio temporale di tale compromesso è di fatto il percorso storico della selvicoltura che si appropria della cultura della coltura del bosco mezzo e strumento d'uso.

Il selvicoltore, che diventa gestore e decisore operativo, deve concentrare l'attenzione sull'insieme degli alberi che lo circondano e individuare quelli che possono essere soppressi in un contesto dinamico finalizzato alla conservazione per il futuro della efficienza funzionale, ma anche strumentale dovendo mediare tra richieste economiche della società ed esigenze ecologiche e diritti della foresta. Per far ciò dispone quasi esclusivamente di strategie e strumenti che regolano la densità degli alberi. Ecco che al selvicoltore è richiesto di

possedere un alto livello di “sapere” e di “mestiere” che si acquisisce prevalentemente vivendo nel bosco per conoscerne la complessità della sua dinamica.

Risulta chiara perciò la necessità di disporre di parametri documentali di ampio dettaglio sulle caratteristiche strutturali del soprassuolo e sulla specificità della dinamica dei cicli successionali del popolamento per definire la quantità dell’incremento di accrescimento annuale che può essere prelevata e le modalità operative di come questa può essere recuperata.

L’incontro odierno fornirà indicazioni puntuali di grande utilità: negli ultimi anni la ricerca ha avuto un incremento notevole mettendo a disposizione innovative tecniche di rilevamento da distanza, sistemi satellitari e di archiviazione di dati temporali.

Oggi gli alberi si possono auscultare e quindi è possibile interpretare il loro comportamento in relazione agli impatti antropici e naturali.

Sappiamo che gli ecosistemi forestali sono caratterizzati da grande variabilità, complessità e dinamicità. Alcuni biomi completano e/o rinnovano il loro ciclo successionale in alcuni secoli, altri in alcuni millenni autocontrollando l’alternanza di specie pioniere e definitive.

Una selvicoltura sostenibile trova riferimento a questi modelli naturali intervenendo con il prelievo di biomassa nel rispetto equilibrato di uno sviluppo sociale ed economico.

In questo senso è da ritenersi necessario basarsi sulla individuazione di uno spazio di sicurezza fondato sul principio della “automazione naturale” in cui la conservazione della biodiversità e della variabilità genetica rappresenta il tasso di adattabilità delle specie e punto di partenza per una continuità evolutivistica che è necessario garantire.

CARLO CALFAPIETRA<sup>1</sup>, GIUSEPPE SCARASCIA MUGNOZZA<sup>2</sup>

## Foreste nel Quarto rapporto sullo stato del capitale naturale in Italia

<sup>1</sup> Consiglio Nazionale delle Ricerche

<sup>2</sup> Università degli Studi della Tuscia

La salvaguardia del Capitale Naturale ha assunto negli ultimi anni un ruolo importante al livello planetario in quanto rappresenta la conservazione dell'intero stock di beni naturali includendo organismi viventi, aria, acqua, suolo e risorse geologiche. Negli ultimi anni ed in particolare con il 2021 inizia il periodo di 10 anni che dovrebbe sancire la sostenibilità del capitale naturale, facendo seguito a quanto sottoscritto nel 2015 da tutti i paesi del mondo con l'Agenda 2030 delle Nazioni Unite e l'indicazione dei suoi 17 Obiettivi di Sviluppo Sostenibile e dei 169 target. Ovviamente le foreste ed in generale gli ecosistemi forestali rappresentano uno dei punti chiavi del capitale naturale soprattutto in paesi come l'Italia che rappresenta uno dei principali "hot spot" dei cambiamenti climatici e il principale paese in Europa per ricchezza di biodiversità ed endemismi.

Per questo motivo il quarto rapporto sullo stato del capitale naturale ha rivolto grande attenzione agli ecosistemi forestali identificando alcune priorità per il prossimo futuro come quello di potenziare il contributo delle foreste italiane alla mitigazione dei gas climalteranti, puntando su una gestione sostenibile degli ecosistemi forestali e sull'adattamento ai cambiamenti climatici.

Si è anche sottolineato il ruolo al livello urbano della forestazione per supportare il miglioramento ambientale e per massimizzare i servizi ecosistemici sia nell'ottica degli obiettivi del Green Deal Europeo che del PNRR italiano che peraltro già prevede risorse specifiche al riguardo.

*Forests in the Fourth Report on the State of Natural Capital in Italy. During the past few years, the preservation of Natural Capital has assumed a fundamental role on a global scale, as it provides the maintenance of the whole natural resources*

*set, including living organisms, air, water, soil and geological resources. In 2021 begins the 10 years period which should establish the sustainability of natural capital, as a follow-up to the UN 2030 Agenda, its 17 Sustainable Development Goals and its 169 targets, endorsed by all countries worldwide. Clearly, forests (and forest ecosystems in general) represent a natural capital key point in many environments, and specifically in Italy, which is a major climate change hot spot and the first European country for biodiversity and endemics richness.*

*Therefore, the IV Report on the State of Natural Capital in Italy has paid great attention to forest ecosystems, identifying different priorities regarding the foreseeable future, including the enhancement of Italian forests' contribution to the mitigation of greenhouse gases impact, a sustainable governance of forest ecosystems and climate change adaptation.*

*The Report has also emphasized the role of forestry at urban level as a key element to guide climate improvement and to maximize ecosystem services. This is very relevant with a view to the European Green Deal goals and to the Italian PNRR, which indeed has included specific assets destined to this very aim.*

GHERARDO CHIRICI<sup>1</sup>

## Monitoraggio su larga scala dei sistemi forestali

<sup>1</sup> Università degli Studi di Firenze

La gestione sostenibile delle foreste orientata alla massimizzazione della produzione di molteplici servizi ecosistemici (dalla produzione del legno alla protezione della biodiversità) richiede un gran numero di informazioni. Le principali tradizionali fonti di dati per la valutazione dello stato delle foreste sono gli inventari forestali nazionali, che si basano sull'acquisizione di dati di campo raccolti in un campione molto piccolo della superficie forestale totale. La maggiore quantità e qualità dei dati telerilevati multi-piattaforme ad accesso aperto e le nuove capacità di elaborazione offerte da sistemi di High Performance Computing e dalle infrastrutture cloud, aprono a nuove possibilità per la produzione di informazioni forestali. Questo contributo riporta brevemente gli sviluppi storici degli approcci al monitoraggio su larga scala degli ecosistemi forestali e presenta le nuove possibilità offerte dall'integrazione di più piattaforme di telerilevamento per applicazioni forestali. Vengono presentate alcune applicazioni relative alle esperienze nell'uso del telerilevamento per la stima di variabili forestali quali disturbi forestali, biomassa, struttura forestale e biodiversità con esempi provenienti da diversi paesi. Viene poi illustrata la situazione in Italia con la presentazione dei risultati di progetti recenti e in corso di applicazione. Infine il contributo presenta le future potenzialità per lo sviluppo di digital-twin forestali.

*The sustainable management of forests oriented to maximize the production of multiple ecosystem services (from wood production to biodiversity protection) requires a large amount of information. The main traditional data sources for assessing the status of forests are National Forest Inventories, which are based on the acquisition of field data collected in a very small sample of the total forest area.*



*The increased amount and quality of open access remotely sensed data acquired from multiple platforms and the new processing capabilities offered by High Performance Computing and cloud infrastructures, open to unprecedented new capabilities for producing forest information. This contribution shortly reports the historical developments of large-scale forest ecosystem approaches and presents new possibilities offered by the integration of multiple remote sensing platform for forest applications. Some applications related to experiences in the use of remote sensing for the estimation of forest variables such as forest disturbances, biomass, forest structure and biodiversity will be presented with examples from different countries. Then the situation in Italy is presented with results from recent and on-going projects. Finally, the contribution presents the future potentialities for the development of forest digital-twins.*

CARLO BLASI<sup>1</sup>

## Dalle foreste naturali ai boschi urbani

<sup>1</sup> Università la Sapienza di Roma

L'Italia è un paese caratterizzato da una straordinaria eterogeneità ambientale che determina un mosaico ecologico molto diversificato con una diffusa potenzialità forestale in termini di foreste e di specie arboree e arbustive. Oltre il 90% del territorio nazionale ha una chiara potenzialità forestale con un numero molto elevato di specie legnose (oltre 500).

Abbiamo ambiti con un clima temperato di tipo centro europeo e settori dell'Italia meridionale prossimi alle situazioni subtropicale con aspetti di clima mediterraneo a forte aridità estiva ed aspetti di clima mediterraneo umido e sub-umido.

Tutto questo ha permesso di riconoscere ai botanici e ai fitosociologi a livello nazionale circa 280 tipologie di vegetazione naturale potenziale in prevalenza legate a formazioni forestali.

Recentemente si sono studiati e cartografati a livello nazionale gli ecosistemi e si è realizzata la Carta delle Ecoregioni d'Italia. Pur trattandosi di sintesi a scala nazionale, si sono cartografati ben 44 ecosistemi forestali mentre a livello europeo la Carta degli ecosistemi prevede per tutta l'Europa solo 4 tipologie ecosistemiche forestali.

Molto recentemente si è studiato lo stato di conservazione degli ecosistemi e si è realizzata la red list degli ecosistemi d'Italia secondo gli indicatori proposti dall'IUCN. Purtroppo, sono diversi gli ecosistemi forestali ripariali e di pianura che presentano un critico livello di vulnerabilità. Conoscere lo stato di conservazione degli ecosistemi è essenziale se vogliamo che anche in relazione alla tutela della biodiversità forestale si sia in linea con quanto previsto dal Next Generation Eu e dalle Strategie europee Biodiversità, Farm to Fork e, in particolare, dalla Strategia forestale. In Italia La strategia forestale, oltre ad essere coerente con la strategia europea in termini di tutela della biodiversità

forestale, si pone anche l'obiettivo di realizzare nel nostro Paese una vasta rete di foreste vetuste. In queste strategie è obiettivo comune mettere a dimora oltre 3 miliardi di alberi nei prossimi 10 anni.

Tutto questo è strettamente legato anche alla Strategia del Verde Urbano. Strategia che, prima della pandemia, aveva già evidenziato l'esigenza di riportare la natura in città mediante importanti interventi di riforestazione urbana. Questo obiettivo è stato ripreso nel PNNR e pertanto è previsto che nei prossimi anni verranno messi a dimora 6.600.000 alberi nei sistemi urbani grazie a un investimento di 300 milioni di euro.

*From natural forests to urban forests. Italy is a country characterized by an extraordinary environmental heterogeneity that determines a very diversified ecological mosaic with a widespread forest potential in terms of forests, tree and shrub species. Over 90% of the national territory has a clear forest potential with a very high number of wood species (over 500).*

*In Italy there are several areas with a temperate climate of the Central European type and sectors of southern Italy close to subtropical situations with strong summer aridity and other aspects with a humid and sub-humid Mediterranean climate.*

*All this has allowed to botanists and plant sociologists to recognize in Italy about 280 types of potential natural vegetation mainly linked to forest formations.*

*The Italian ecosystems have recently been studied and mapped at a national level and the Map of the Ecoregions of Italy has been defined. Although this is a synthesis on a national scale, as many as 44 forest ecosystems have been mapped, while at the European level the Ecosystems Map provides for only 4 types of forest ecosystems for the whole of Europe.*

*Unfortunately, there are several riparian and lowland forest ecosystems that present a critical level of vulnerability. Knowing the conservation status of ecosystems is essential if we want to be linked with the provisions of the Next Generation Eu and with the European Biodiversity, Farm to Fork Strategies and, in particular, with the EU Forestry Strategy. In Italy, the forestry strategy, in addition to being consistent with the European strategy in terms of protecting forest biodiversity, also sets itself the goal of creating a vast network of old-growth forests in our country. In these strategies, it is a common goal to plant over 3 billion trees over the next 10 years.*

*All this is also closely linked to the Urban Green Strategy. A strategy that, before the pandemic, had already highlighted the need to bring nature back to the city through major urban reforestation interventions. This objective has been taken up in the NRRP and therefore it is expected that 6,600,000 trees will be planted in urban systems in the coming years thanks to an investment of 300 million euros.*

SUSANNA NOCENTINI<sup>1</sup>

## Nuove prospettive per la selvicoltura e la gestione forestale

<sup>1</sup> Università degli Studi di Firenze

Il riconoscimento del bosco come “capitale naturale” stimola una serie di riflessioni che hanno importanti ricadute sul piano pratico-operativo, al fine di delineare le prospettive attuali della selvicoltura e della gestione forestale.

Oggi la definizione di capitale naturale si discosta da quella classica, che considerava le risorse naturali come un capitale che produce un flusso di reddito, rappresentato dalla produzione di beni con valore di mercato. A partire dagli ultimi decenni del secolo scorso vi è stata la crescente consapevolezza che questo concetto di “capitale naturale” dovesse essere esteso a considerare non solo i prodotti ottenuti dalle risorse naturali, ma anche tutte le utilità che gli ecosistemi forniscono alla società umana. Coerentemente, il bosco è oggi considerato come un sistema biologico complesso e adattativo, ribaltando completamente la concezione che vede nel bosco solo un insieme di alberi di interesse economico-finanziario.

Di fronte a un futuro incerto e alla nuova sensibilità sociale e ambientale, non si può più trascurare il fatto che vi deve essere una relazione di reciprocità fra bosco e società, che metta in primo piano la difesa del bosco, ecosistema prezioso e fragile allo stesso tempo, dai rischi che lo minacciano.

In questa prospettiva la selvicoltura e la gestione forestale sistemica, superando la visione monofunzionale del bosco, rappresentano un'opportunità per rendere più coerenti le aspettative della società con la realtà del bosco, favorendo la sua conservazione in quanto ecosistema complesso, ricco di valori non solo economici, ma anche ambientali, culturali e sociali, cioè un vero e proprio capitale naturale, una immensa ricchezza per la collettività.

The forest a natural capital: new opportunities for silviculture and forest management. *The definition of forests a "natural capital" leads to a series of considerations which have important implications on the operational level and outline new opportunities for silviculture and forest management.*

*Today the concept of "natural capital" differs from the classic one, which viewed natural resources as an asset or capital stock providing a present value stream of marketable goods. Starting from the last decades of the twentieth century there has been a growing awareness that this concept of "natural capital" should be extended to include non only marketable products from natural resources, but also all the services that ecosystems provide to humankind. Coherently with this approach, forests must be considered a complex biological and adaptive systems.*

*Facing an uncertain future and a new social and environmental sensibility, we cannot ignore the fact that there must be a reciprocal relationship between forests and society, which puts in the foreground the protection of forests, precious and delicate ecosystems, from the risks of degradation.*

*In this perspective systemic silviculture and management offer an opportunity for harmonizing society's expectations and the conservation and management of forest ecosystems not only from an economic point of view but also for their environmental, cultural and social values, that is, because they are a true natural capital, an immense richness for humankind.*

DAVIDE DE LAURENTIS<sup>1</sup>

## Attività dei Carabinieri Forestali a difesa del patrimonio boschivo

<sup>1</sup> Arma dei Carabinieri

Con il decreto legislativo 19 agosto 2016 n. 177 l'Arma dei Carabinieri ha ereditato le funzioni di tutela forestale del Corpo forestale dello Stato: svolte con un "gradiente" di intensità crescente a partire dall'intero territorio nazionale, attraverso la Rete Natura 2000 fino alle 130 Riserve naturali statali direttamente gestite, esse si possono dividere in tre settori. Il primo comprende attività forestali conoscitive, primo fra tutti l'INFC, con lavori scientifici e di ricerca quali i seguiti del CON.ECO.FOR. sul monitoraggio della salute forestale e studi sulla biodiversità forestale dei CNBF cofinanziati anche con progetti LIFE. Il secondo prevede attività di controllo e repressione tipiche di un corpo di polizia quali la verifica, tramite le 784 Stazioni CC forestali e le 148 Stazioni CC Parco, dell'attuazione della legislazione italiana ed internazionale (FLEGT, EUTR e CITES) su tagli boschivi e commercio di legname. Il terzo settore contempla attività di prevenzione dei crimini forestali svolte con campagne di educazione ambientale e sensibilizzazione pubblica, promosse dai 28 Reparti CC per la Biodiversità (es. progetto scolastico "Un albero per il futuro"). Attività forestali trasversali ai settori sono esercitate, ad esempio, per gli incendi boschivi, con compiti sia di conoscenza (progetti LIFE e simulatore incendio) che di prevenzione e repressione (investigazioni sulle cause del NIAB).

Activities of the forest Carabinieri to defend the forest heritage. *Due to the legislative decree 19 August 2016 n. 177 the Arma dei Carabinieri has inherited forest protection functions from the suppressed State Forestry Corps: carried out according to a "gradient" of increasing intensity, starting from the whole national territory through the Natura 2000 network down to the 130 directly managed*

*State nature reserves, they can be divided into three sectors. The first includes knowledge-related forest activities, first of all the INFC, together with scientific and research works such as the follow-up of CON.ECO.FOR. on forest health monitoring and studies on forest biodiversity by CNBF, co-financed also by LIFE projects. The second sector foresees control and repression activities typical of a police force, such as the verification and enforcement, by the 784 CC Forest stations and 148 CC Park stations, of the implementation of Italian and international (FLEGT, EUTR and CITES) legislation on forest harvesting and timber trade. The third sector includes forest crime prevention activities, carried out mainly through environmental education and public awareness campaigns promoted by the 28 CC Departments for Biodiversity (e.g. the "A tree for the future" school project). Cross-sectoral forest activities are also carried out, for instance, on for forest fires, by knowledge tasks (LIFE projects and fire simulator), prevention and repression (investigations on the causes by NIAB).*

ALESSANDRA STEFANI<sup>1</sup>

## Attività della Direzione Foreste ed Economia Montana nell'ambito della crescita del capitale naturale forestale

<sup>1</sup> Ministero delle politiche agricole alimentari e forestali

Il patrimonio forestale nazionale ha raggiunto il 40% di estensione rispetto alla superficie italiana e fornisce un contributo importantissimo al capitale naturale nazionale. Tramite l'elaborazione attenta di una politica forestale nazionale, che abbia piena contezza della multifunzionalità delle foreste, la Direzione generale Economia montana e foreste, d'intesa con le Regioni e con la collaborazione di moltissimi stakeholders, sta attuando le previsioni del Testo unico delle foreste e delle filiere forestali (D.lgs 34 del 2018). Obiettivo di tutti i relativi decreti attuativi, e delle attività collaterali che si stanno mettendo in atto anche grazie al Fondo foreste nelle varie annualità, è quello di incrementare il capitale forestale nazionale. Elementi a sostegno di quanto si sta mettendo in atto emergono dai 4 rapporti sul capitale naturale pubblicati dal Mite dal 2018 ad oggi.

*The Directorate General of Mountain Economy and Forest activities in the scope of natural forestry capital growth. The national forestry patrimony reached 40% of the country's surface. This is a fundamental aspect of our national natural capital. Throughout careful forestry plans, fully conscious of the multiple functions carried out by forests, the Directorate is implementing the measures and provisions of the National Forestry Law. The goal of all implementing decrees and collateral activities is to enhance the national forestry capital. Pieces of evidence in support of this activity can be found in the 4 reports published by the Mite since 2018.*





Finito di stampare in Firenze  
presso la tipografia editrice Polistampa  
nel dicembre 2021