

I GEORGOFILI

Quaderni

2014-VI



I SISTEMI ARBOREI DA FRUTTO DI DOMANI

Firenze, 18 dicembre 2014



EDIZIONI POLISTAMPA

Con il contributo di



ENTE CASSA DI RISPARMIO DI FIRENZE

Copyright © 2015
Accademia dei Georgofili
Firenze
<http://www.georgofili.it>

Proprietà letteraria riservata

Supplemento a «I Georgofili. Atti della Accademia dei Georgofili»
Anno 2014 - Serie VIII - Vol. 11 (190° dall'inizio)

Direttore responsabile: Paolo Nanni

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

ISBN 978-88-596-1557-6

Servizi redazionali, grafica e impaginazione
SOCIETÀ EDITRICE FIORENTINA

INDICE

PAOLO INGLESE <i>Introduzione</i>	7
SILVIERO SANSAVINI <i>Modelli d'impianto in frutticoltura: le sfide di ieri e i traguardi futuri</i>	9
UGO PALARA <i>Il punto di vista dell'impresa frutticola in Emilia-Romagna: quali obiettivi e quale ricerca</i>	41
LUCA CORELLI GRAPPADELLI, LUIGI MANFRINI, BRUNELLA MORANDI <i>Coniugare produttività, efficienza e qualità: una questione di precisione</i>	51
BARTOLOMEO DICHIO, FRANCESCO GUARINO, GIUSEPPE MONTANARO, ALBA NICOLETTA MININNI, CRISTOS XILOYANNIS <i>I modelli di impianto nelle condizioni ambientali del Sud Italia</i>	63
DAVIDE NERI <i>Modelli di impianto e modelli di impresa: le scelte flessibili</i>	91
TIZIANO CARUSO, GIUSEPPE CAMPISI, LUIGI NASINI, PRIMO PROIETTI <i>La nuova olivicoltura nel contesto italiano tra alta qualità e sostenibilità</i>	103
STEFANO PONI <i>Modelli viticoli, ambientali e alta qualità enologica</i>	113

ROSARIO DI LORENZO	
<i>La sostenibilità dei modelli d'impianto della viticoltura da tavola</i>	137
STEFANO LA MAFEA, ALBERTO CONTINELLA	
<i>L'agrumicoltura italiana e la sfida della Tristeza: il progetto del futuro</i>	149
MASSIMO TAGLIAVINI, DAMIANO ZANOTELLI	
<i>La sostenibilità ecologica delle coltivazioni arboree</i>	171
RITA BIASI	
<i>La sostenibilità del paesaggio nella progettazione e gestione dei moderni sistemi viticoli e arborei</i>	181

Introduzione

Nell'ambito delle attività del Comitato Consultivo per i Sistemi Colturali, i sistemi arborei rappresentano sicuramente un settore centrale per l'agricoltura italiana, sia per il loro ruolo produttivo, ma anche per la loro valenza ambientale. La possibilità di riunire a Firenze presso la Sede dell'Accademia dei Georgofili i maggiori esperti nazionali è sembrata un'opportunità da non sprecare per discutere, tra ricercatori e tecnici, gli scenari dei vari sistemi, affrontandoli in un'ottica sistemica.

La giornata su “I sistemi arborei da frutto di domani: intensivi, volti alla qualità del prodotto e resilienti” è stata un momento di confronto di grande rilievo su un tema che è da sempre al centro dell'attenzione del sistema produttivo e del mondo tecnico e scientifico.

I sistemi arborei da frutto italiani, nessuno escluso, sono, infatti, di fronte alla necessità, non solo economica, ma anche di contesto sociale, politico, ambientale, paesaggistico, di coniugare il mantenimento di elevati standard produttivi con una nuova richiesta di qualità, da parte del consumatore, che investe le proprietà organolettiche e nutraceutiche del frutto e la sicurezza alimentare. Questo, in un quadro più ampio che impone una sempre più urgente meccanizzazione di processo e la riduzione drastica degli input, fino ad arrivare alla certificazione “C free”.

Matrice comune a tutte le relazioni è la visione sistemica dell'impianto come soggetto di un sistema territoriale più ampio. L'attenzione, poi, alla massima efficienza di ogni operazione, di ogni scelta tecnica-agronomica, in

* *Convener – Coordinatore del Network European Societies for Horticultural Science (NESHS)*

un'ottica di riduzione della variabilità di campo e dei costi, siano essi economici o energetici, è con tutta evidenza un altro fattore che accomuna tutti i sistemi produttivi. Importante, mi sembra la riflessione sulla massimizzazione della produttività, tema paradigmatico per decenni, oggi in qualche modo subordinato alle esigenze legate alla ricerca continua di qualità di prodotto e di processo. Il ruolo dei servizi, delle misure, in continuo, di vari parametri ambientali, fenologici, fisiologici, dell'uso di input, accompagnati dall'utilizzo di sensoristica avanzata, ICT e mappe digitalizzate, è oggetto di grande attenzione e punto di incontro importante tra ricerca, industria, sistema produttivo. Dall'impianto del frutteto, alla raccolta dei frutti, ogni ambito è interessato da uno sviluppo di tecnologie di servizio, sempre più a basso costo, che possono condurre se non a una gestione remota, certamente a un monitoraggio continuo dello stato del frutteto. Nuove professionalità emergono a sostegno della frutticoltura di precisione. Infine, la meccanizzazione. Un tema su cui ci si confronta, per esempio sulla raccolta, da quasi cinquant'anni e sul quale si è arrivati a un punto di non ritorno. Il tema emerge in maniera forte e precisa nel caso dell'olivo, ma anche in viticoltura, con indicazioni di strategia e di prospettive estremamente chiare.

Merito della giornata, credo, sia stato quello di tornare a discutere, sul piano scientifico, temi di grande respiro che ormai, per diverse ragioni, non sono nell'agenda dei ricercatori o, meglio, di chi finanzia la ricerca. Si tratta di un grave errore strategico per un Paese, come il nostro, che ha per lungo tempo dettato la strada dell'innovazione dei modelli di impianto e della loro gestione, grazie alla forte sinergia tra ricerca, sperimentazione e mondo tecnico. De-contestualizzare le ricerche, frammentandole, rischia di fare rallentare i processi di continuo sviluppo e aggiornamento dei sistemi produttivi, le cui esigenze vanno sempre viste nella loro complessità e interdisciplinarietà.

Un grazie vivissimo ai colleghi di così tanti Dipartimenti e ai tecnici che hanno determinato il successo della giornata e che hanno voluto contribuire alla preparazione di questo volume.

Modelli d'impianto in frutticoltura: le sfide di ieri e i traguardi futuri

Per capire come sta cambiando l'impiantistica in frutticoltura e dove porta l'introduzione dei moderni mezzi strumentali di rilevamento e di supporto tecnologico occorre tornare prima a una breve retrospettiva della rivoluzione industriale frutticola iniziata cinquanta-sessanta anni fa, ma non ancora conclusa. Questa, in contrapposizione ai benefici apportati alle aziende modernizzatesi, ha accentuato le difficoltà delle aziende che non si sono tempestivamente rinnovate, fino a rendere ormai irriconoscibile il volto degli impianti di ieri se messi a confronto con quelli di oggi. Tanto che l'attuale crisi (economico-organizzativa e di mercato) ha colpito soprattutto le aziende che, in ritardo, si sono accorte di essere strutturalmente inadeguate.

È ben noto che nelle condizioni economico-sociali del dopoguerra i frutteti erano estensivi, poco specializzati, con alberi spazati, alti, voluminosi, capaci di raggiungere alte produzioni e qualità, ma il cui governo era molto oneroso.

La rivoluzione degli impianti ebbe alcune leve potentissime (oltre all'introduzione di nuove varietà, fattore questo che esula però dalla presente nota):

1. l'introduzione di portinnesti nanizzanti (almeno per melo, ciliegio, pero e solo in piccola parte per pesco e altre drupacee e agrumi);
2. la conseguente possibilità di intensificare le piantagioni attraverso minori distanze, e riducendo la statura degli alberi (nel melo, ad esempio, si è assistito alla triplicazione delle densità, da 700-1.000 a circa 3.000 alberi/ha);
3. la conversione delle forme di allevamento, per renderle adattabili alle alte densità, e la contestuale modifica delle tecniche di potatura, queste ultime miranti a una riduzione e stilizzazione dello scheletro degli alberi e a una semplificazione delle operazioni di taglio e piegatura-curvatura dei rami,

* *Dipartimento di Scienze Agrarie, Università di Bologna*

da cui il termine di “potatura minima” e a “tutta cima” in fase di allevamento;

4. l'approdo di questa rivoluzione avrebbe generato – come infatti è avvenuto per gradi – un forte vantaggio per i produttori in termini di minore onerosità nell'impegno lavorativo e quindi di contenimento dei costi complessivi di coltivazione-produzione per poter rendere competitiva la coltura.

Queste tre leve, dunque, erano rivolte anzitutto a un aumento della redditività delle colture attraverso l'aumento delle rese produttive e il contenimento dei costi.

A questo obiettivo ha contribuito non poco la ricerca di metodi di estensione temporale e di destagionalizzazione delle produzioni – per allungare il calendario di raccolta e di mercato – ottenuti principalmente con mezzi protettivi (tecnologia dei tunnel costituiti da film e reti in poliresine, per anticipare, o per ritardare il ciclo produttivo stagionale).

I PRESUPPOSTI TECNICI PER RENDERE COMPETITIVI I FRUTTETI

Un altro grande passo della rivoluzione frutticola, negli ultimi venti/trenta anni, è stato provocato dal concorso di altri fattori:

1. l'introduzione di tecniche produttive volte al miglioramento della qualità del prodotto e alla regolarità delle produzioni (sottraendole all'aleatorietà dell'alternanza o biennialismo);
2. il grande impulso dato dalla meccanizzazione di tutte le operazioni colturali – soprattutto della difesa sanitaria – per sottrarle alle dipendenze del lavoro fisso. Nelle aziende si è passati da 1 persona fissa ogni 5 ha circa a 1 ogni 30-40 ha, demandando i lavori periodici manuali (potatura – diradamento – raccolta), nelle aziende in economia, a specialisti temporanei o a prestatori d'opera, spesso immigrati, comunque esterni all'azienda;
3. la dotazione in tutti i nuovi frutteti di impianti irrigui localizzati, di micro-erogazione (inizialmente denominati “a goccia”) seguiti recentemente, dall'applicazione congiunta della concimazione, dosata a varie scadenze, da cui il termine di “fertirrigazione”.

Infine, l'ultima fase, capace di generare una forte evoluzione della frutticoltura, riflette obiettivi divenuti prioritari sia in chiave politica – per la tutela dell'agroecosistema – sia per quella di mercato – e cioè la “salubrità del prodotto, l'eccellenza qualitativa, a tutela della salute e sicurezza dei consumatori, oltre che degli operatori di filiera (“dal campo alla tavola”).

Tutto questo, visto nell'insieme del rapporto con l'ambiente e l'ecosistema, viene definito "eco-sostenibilità", per cui l'impianto frutticolo deve essere progettato e valutato anche per il suo basso e sempre più contenuto impatto ambientale (dovendo evitare di inquinare falde acquifere o corsi d'acqua, di impoverire la fertilità naturale del suolo, di caricarlo di scorie o residui tossici da smaltire) e per i suoi risparmi energetici secondo le evidenze imposte da raccomandazioni politiche, specialmente europee (es. ottimizzazione del *carbon footprint*, cioè del bilancio dell'emissione di CO₂, ecc.).

L'impianto deve poi corrispondere anche alle necessità imposte dai disciplinari di produzione e quindi a tutti i limiti di applicazione di prodotti chimici per la difesa, la concimazione, l'apporto di acqua per il fabbisogno idrico e l'utilizzo di tecniche comunque compatibili con le certificazioni sanitarie e qualitative, persino socio-gestionali, imposte dalle grandi catene distributive, specialmente estere.

Per corrispondere a questi due ultimi punti si cerca sempre più di controllare l'intero ciclo stagionale della produzione con sistemi di monitoraggio fenologici, a partire dalla disponibilità idrica, dalla conoscenza dello stato nutrizionale delle piante e della fertilità del suolo, dei cicli biologici degli agenti patogeni e di quelli vegeto-produttivi della pianta, della crescita del frutto fino allo stato di maturazione. Dal monitoraggio dei vari fenomeni fisici e biologici ne discenderà la *ratio* delle applicazioni tecniche di precisione, al fine di ottimizzarne gli interventi (epoche, modalità, ecc.) e portare all'eccellenza, prioritariamente, la fruttificazione.

A questo fine, gli impianti arborei sono considerati alla stregua di impianti industriali, automatizzati in molti processi (vedi ad esempio le modalità irrigue), per controllare la produzione. Si deve poter intervenire in tempo, al momento giusto, con mezzi leciti e autorizzati, per razionalizzare la difesa (e quindi il ventaglio dei trattamenti), il governo dell'albero, del suolo e dell'acqua, la sua produzione, lo sviluppo del frutto e il mantenimento della qualità durante la conservazione. Dell'albero interessa molto il contenimento vegetativo (via portinnesto), ma anche la regolarità produttiva; meno l'esaltazione della quantità, cioè delle rese unitarie (come è stato fino a un recente passato), perché queste, solo raramente, coincidono con la contestuale esaltazione della qualità del prodotto. L'efficienza produttiva si misura oggi con vari parametri fisiologici, energetici e gestionali (cfr. tabb. 1 e 2), oltre ai parametri qualitativi del frutto maturato a epoca appropriata. Importante, quindi, è lo standard merceologico in funzione della destinazione del prodotto raccolto. Un grande ruolo, per questo obiettivo, deriva da uno stretto collegamento con la gestione post-raccolta del frutto.

- A) IMPIANTI
1. Percentuale intercettazione luminosa (possibili recuperi e innalzamento)
 2. Totale produzione (x n. alberi) / superficie suolo (= resa produttiva)
 3. Totale produzione 1a qualità / volume chioma (mc) oppure superficie suolo (mq)
 4. Tempo impiegato per unità di prodotto, relazionato a costo totale manodopera o a costo della raccolta
 5. Efficienza d'uso d'acqua, dei nutrienti, delle macchine e del personale impiegato
- B) ALBERI
1. LAI (Leaf Area Index) - Indice di sviluppo unitario dell'area fogliare (totale superficie foglie / totale area suolo sottesa dalla chioma o a disposizione per albero)
 2. Rapporto fra Σ produzione e parametro vegetativo (TSA = sezione area tronco o volume chioma o peso legno potatura ecc.) oppure Rapporto fra produzione e LAI (es. lamburde vs germogli)
 3. Sostanza secca prodotta (o Σ carboidrati) / CO₂ utilizzata (es. bilancio carbonio)
 4. Impronta carbonio ed emissione CO₂ (carbon footprint) e Impronta idrica (water footprint)
 5. Bilancio energetico (risorse rinnovabili e input esterni)

Tab. 1 *Parametri di efficienza produttiva degli impianti*

OUTPUT (ASPORTAZIONI)	PARAMETRI ENERGETICI
Produzione: 30 – 80 t/ha	Energia solare espressa da PAR o da <i>Photone Flux Density</i> PPFD, corrisponde a:
Qualità: >80% frutta 1a categoria	Σ 8.000/GJ/ha/anno (<5% per fotosintesi)
Frutti: >50 - 60% sostanza secca totale (rapporto ottimale)	CO ₂ fissata = 1,5 – 3 moli/alb./die = 130 g/alb./die = 8.400 moli/ha/die (x 2.800 meli)
Potatura: peso legno asportato: 5 – 10 t/ha	= 10 – 20 t C/ha/anno (Pescio 8/10 t/anno)
Residui organici (foglie, ecc.): 0,1 – 0,5 t/ha	Sostanza secca: 35 t mele (15% SS) = 50 q/ha anno (per 70 t = 100 q SS)
Nutrienti: 150/250 kg/ha unità nutritive (N, P, K ₂ O, Ca, Mg)	Fitofarmaci in totale: 70 – 100 kg/ha
Consumo acqua: 3.000/6.000 mc/ha/anno	Fertilizzanti: 40-150 N, 30-100 K, 20-30 P
H ₂ O traspirata (90 – 95% totale) e utilizzata (<5 – 10% = 20 – 30 l/giorno/albero)	Acqua per irrigazione: 1-2 mm/giorno = 10-20 mc/ha/die = 500 - 1.500 mc/anno/ha (3 mesi)
Restit. H ₂ O con irrig.: 500-300 mc/anno/ha	Lavoro manuale: 120 – 150 giornate/ha

Tab. 2 *Parametri fisiologici ed energetici degli impianti frutticoli*

La scelta delle caratteristiche dell'impianto è dunque decisiva, oggi più di ieri, per il successo della coltura. Il forte investimento finanziario richiesto (oltre 30.000 €/ha), che sale nei frutteti accessoriati e completi di strutture protettive a oltre 50.000 €/ha richiede valutazioni accurate, perché, se si sbaglia, non potranno poi essere fatti aggiustamenti negli anni a venire.

Quali conoscenze tecniche e acquisizioni scientifiche hanno accompagnato l'evoluzione degli impianti frutticoli negli ultimi 40-50 anni?

Anzitutto occorre precisare che le poliedriche tipologie della frutticoltura italiana, con forti diversità territoriali e di tradizione, storicamente radicate, sono sempre state alimentate da un corpo professionale molto capace (coltivatori, tecnici, studiosi-ricercatori); la rapida diffusione di innovazioni è

anche stata assecondata dalla grande frequenza di importanti convegni e da una stampa specializzata di ottima levatura tecnico-divulgativa, riconosciuta efficiente e bene informata nel contesto internazionale.

L'Italia, dunque, ha potuto primeggiare in Europa, per molti anni, nell'innovazione tecnologica, grazie a ricerche di base, metodologiche, con innovazioni pratiche derivate, anche con frequente apporto estero, soprattutto dagli Stati Uniti, Olanda, Francia, Gran Bretagna, Nuova Zelanda e altri paesi d'avanguardia. Molto merito spetta anche ad appassionati coltivatori.

Nel caso specifico degli impianti frutticoli, la tecnologia italiana è ancora oggi molto apprezzata nel mondo, tanto da essere considerata un punto di riferimento per la modernizzazione della frutticoltura intensiva, eco-compatibile, rivolta al mercato. Al tempo stesso però è contestata politicamente da una parte dei cultori di un ritorno a forme di coltivazione del passato, più naturali e sostenibili sul piano ambientale, ma poco redditizie e difficilmente compatibili con le regole competitive dei mercati, imposte dai desideri dei consumatori e non da ideali socio-politici.

È ovvio che anche gli impianti adatti a un tipo di frutticoltura “naturalistica”, poco specializzata, si discosterebbero alquanto da quelli intensivi su cui la ricerca tende, invece, a concentrare gli sforzi di innovazione, per poter escogitare il modo di sopravvivere nello scenario internazionale, che non si può reggere su presupposti soltanto ideologici o etici.

Per un esame generale sull'evoluzione degli impianti e le modifiche via via subite negli anni, si rimanda a un'ampia trattazione apparsa su volumi dedicati (Sansavini-Errani, 1988; Sansavini e Neri, 2005 e 2012; Sansavini et al., 2012).

DENSITÀ D'IMPIANTO E PARAMETRI DI EFFICIENZA FOGLIARE

Gli studi di fisiologia sugli impianti arborei hanno alimentato, già da alcuni decenni, un ricco *background* conoscitivo: il melo ha fatto spesso da pianta modello grazie all'affermazione dei portinnesti nanizzanti (M9). Questi presero avvio in Inghilterra nell'anteguerra dopo che i frutticoltori – che avevano piantato alberi nanizzati da p.i. deboli alternati ad alberi molto più grandi (innestati su p.i. vigorosi), destinati a essere estirpati, i primi, e a rimanere permanentemente (i secondi) –, si rifiutarono di togliere gli alberi piccoli (messi per entrare subito in produzione). Preferirono cioè abbattere gli alberi grandi destinati a mantenere in essere il frutteto, poi rimpiazzati da alberi piccoli.

La scoperta dei vantaggi derivanti dall'infittimento degli alberi sulle file e tra le file sollevò però vari problemi: come fare ad accrescere le rese produttive e come ricercare l'optimum delle distanze, senza peggiorare quali-quantitativamente le produzioni, per non incorrere nelle conseguenze negative dell'ombreggiamento.

La chiave del successo stava nella luce, cioè nel ruolo dell'energia radiante. Per decenni questo è stato il fattore primario delle ricerche fisiologiche sugli impianti, nella convinzione che più luce intercettata sarebbe equivalsa a una maggiore produzione. Ma per stabilire e accertare l'intercettazione della luce si doveva definire prima l'architettura della chioma e questa a sua volta sarebbe dipesa dall'indice LAI (*Leaf Area Index*) e dalla stessa demografia fogliare (tema di ricerca sviluppato successivamente) (Sansavini et al., 1999c).

Per l'architettura della chioma si continua ancora oggi a confrontare varie forme di allevamento, condizionate dalle densità d'impianto, col risultato che non esiste una forma migliore di altre, se non nelle circostanze in cui sono state condotte le prove.

Il graduale, seppur forte, aumento della densità di piantagione fu ancorato a limiti fisiologici solo dopo lo svolgimento di complesse ricerche in vari continenti (anche per la necessità di integrazione dei parametri climatico-ambientali). Fu messa in evidenza l'influenza esercitata dalla eccessiva vicinanza degli alberi, dalla riduzione del volume di suolo a disposizione delle radici e dalla riduzione della superficie fogliare atta all'intercettazione luminosa. Le ricerche fisiologiche sugli effetti della luce e del relativo spettro luminoso (luce diretta e luce diffusa), fecero però via via conoscere anche le migliori condizioni per lo sviluppo e la fruttificazione degli alberi (Wunsche e Ferguson, 2005).

Circa le distanze, queste vennero empiricamente commisurate all'altezza degli alberi, parametrando con una semplice formula: $h = l - 1$, facendo in modo cioè che l'altezza degli alberi fosse sempre inferiore alla larghezza degli interfilari (accresciuta di almeno 1 m al Nord, un po' meno al Sud); in tal modo sarebbe stata comunque disponibile, per il transito dei mezzi meccanici, una corsia (*free alley*) di almeno 2,5 m di larghezza, tenendo anche conto dell'architettura della chioma (Jackson et al., 1971). Poi ci si accorse che la competizione radicale degli alberi vicini dava, all'opposto delle distanze, un contributo positivo alla nanizzazione delle piante, perché ne limitava la crescita, tanto che non sono stati rari i casi sperimentali di alberi più fitti sulla fila che hanno iniziato a fruttificare prima di quelli più radi! (differenze però riscontrate solo nei primi due anni, perché successivamente gli alberi fruttificano tanto più quanto possono disporre di maggior spazio).

Si tenga conto che le distanze sulla fila, a seconda della specie, si sono ridotte nell'arco di un ventennio in maniera drastica: nel caso del melo, da 3-4 m a 1,5-

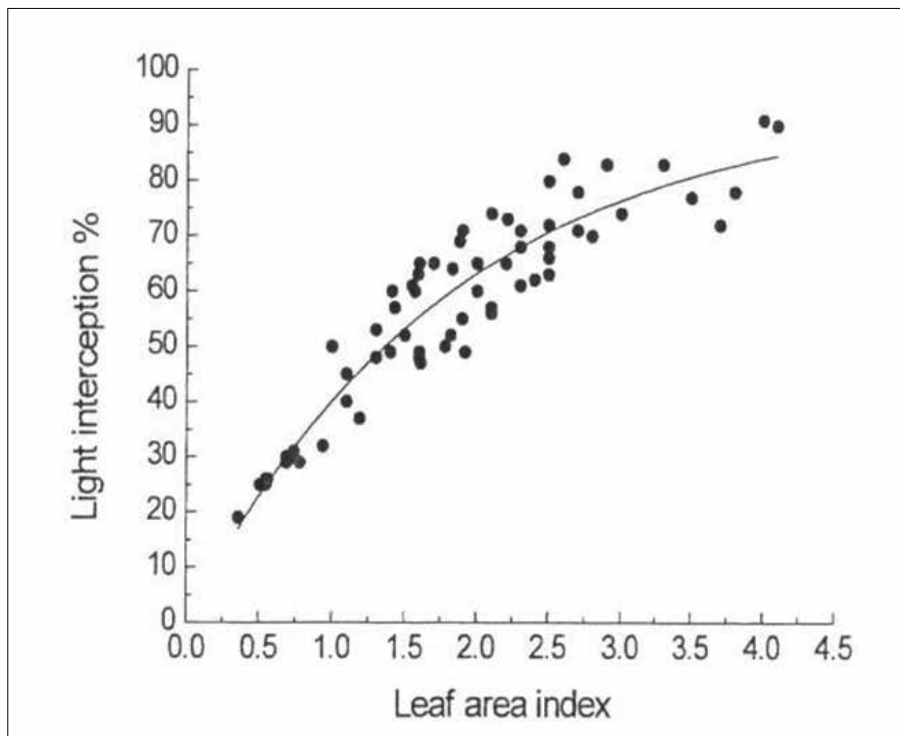


Fig. 1 *Perfetta correlazione fra indice di area fogliare e intercettazione della luce, in prove inglesi su melo (Jackson et al., 1971)*

2,0 m, scese poi ulteriormente fino a meno di 1 m sulla fila; così è stato anche per il pero, poi per il pesco (sceso da 5-6 a 2-3 m) e tutte le altre drupacee minori. Tutto ciò si è reso possibile grazie alla modifica delle forme di allevamento: c'è stata una cospicua riduzione del complesso scheletrico e del numero di branche, anche nel pesco, nonostante la mancanza di p.i. nanizzanti, per disporre di una *canopy* meno voluminosa e più efficiente: gli alberi che erano policauli o polibranche (sempre disposte queste su più palchi) sono divenuti monocauli, senza più palchi strutturati e talora anche senza branche.

FISIOLOGIA DELLA LUCE

Le ricerche sull'intercettazione della luce hanno guidato e, come dicono gli anglosassoni, "illuminato" i principi teorici che giustificano il funzionamento e l'efficienza del processo di trasformazione fogliare dell'energia.

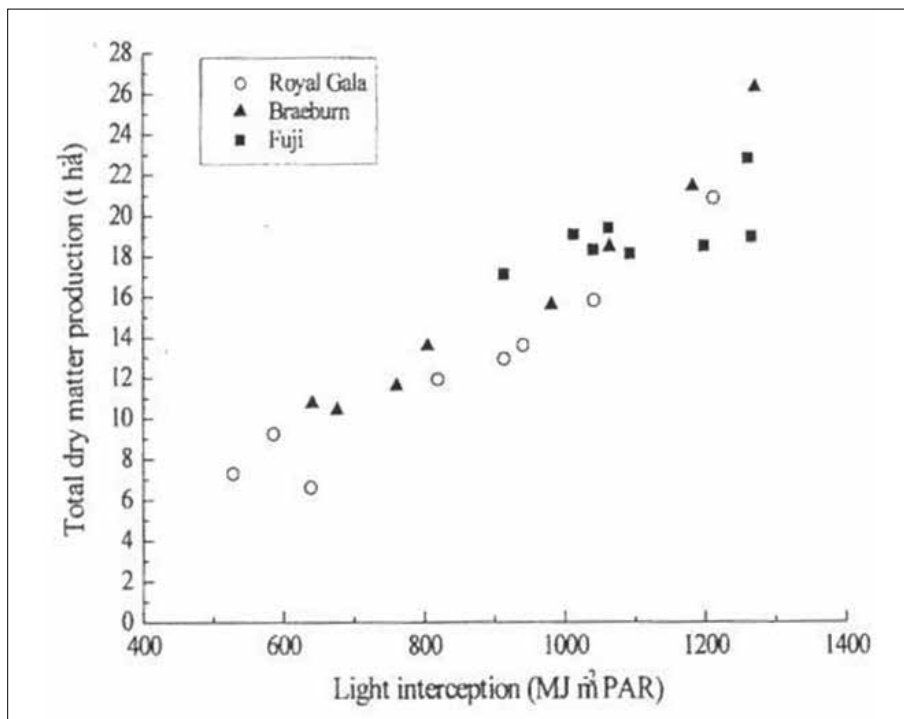


Fig. 2 Alta correlazione fra intercettazione luminosa e sostanza secca prodotta da meli cv Gala, Braeburn e Fuji in Nuova Zelanda (Palmer, 2002 e Palmer et al., 2010)

Merita dunque qualche citazione l'evoluzione di queste conoscenze. Le prime acquisizioni sperimentali misero in evidenza lo stretto rapporto fra superficie fogliare (complessiva e unitaria) espressa dall'indice LAI e la percentuale di luce intercettata (fig. 1) cui seguirono due deduzioni altrettanto importanti (Jackson e Palmer, 1986) e cioè:

a) l'indice di area fogliare ha solo un valore indicativo: infatti deve essere accompagnato da buoni indici demografici: numero di foglie e distribuzione della superficie fogliare all'interno della chioma, in quanto il LAI di per sé, oltre un certo limite (circa 4), crea ombreggiamento (cioè quando la superficie fogliare risulta essere troppo densa, a partire da 3,5-4 volte superiore alla superficie di suolo a disposizione dell'albero);

b) al di sotto di valori del LAI di 3,5-4,0, fu trovata una diretta proporzionalità della luce intercettata con l'aumento di sostanza secca (fig. 2) e quindi nel caso del melo fu trovata una netta correlazione fra percentuale di luce intercettata e produzione unitaria di mele (fig. 3), fino al limite di saturazione della PPFD (Lakso, 1994).

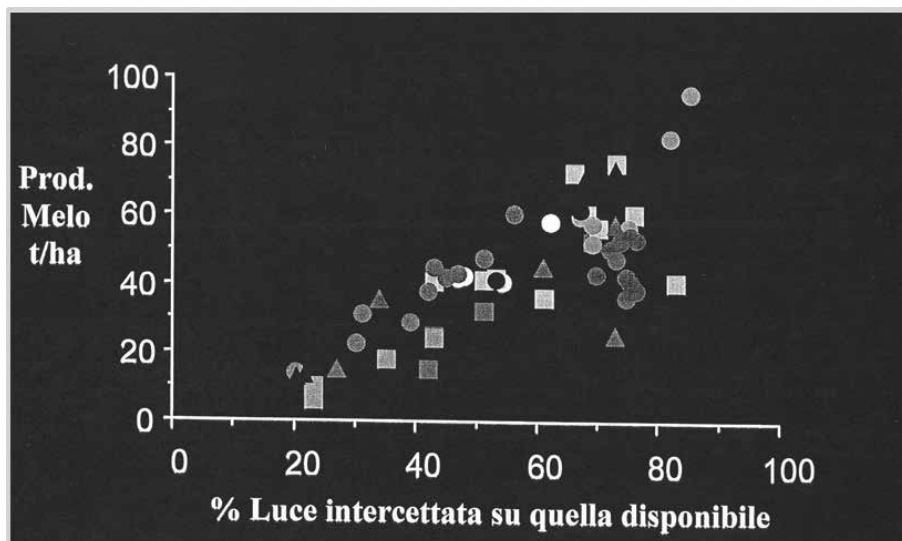


Fig. 3 Correlazione fra percentuale di luce intercettata e produttività di meli, alla Cornell University, Geneva N.Y. (Lakso, 1994)

In pochi anni, con la diffusione di strumenti portatili per la misurazione in campo della fotosintesi, non solo delle singole foglie ma della popolazione fogliare dell'intero albero (vedi sistema dei "palloni" messo a punto da Corelli Grappadelli e Magnanini a Bologna) sono emerse molte altre particolarità sul rapporto fra luce e riparto della sostanza secca accumulata (Corelli Grappadelli e Magnanini, 1993 e 1997; Sansavini et al., 1999b, c, d).

È evidente anzitutto che, ai fini della valutazione dell'efficienza del sistema di impianto, occorre massimizzare questo riparto a favore dei frutti, anziché a favore dello sviluppo vegetativo, che altrimenti si trasformerebbe in un dispendio energetico confermato dall'aumento dei tagli e cioè dal maggior peso del legno asportato ogni anno con la potatura, quando il riparto volge a loro favore.

Il rapporto più favorevole, che emerge da un'ampia letteratura al riguardo, si raggiunge quando i frutti corrispondono ad almeno il 50% della sostanza secca (meglio se si arriva al 60-70%) prodotta dall'albero, minimizzando la sostanza secca introitata da radici e legno, ma con un carico di non oltre 5-15 frutti per metro quadro di area fogliare. Un numero superiore non farebbe comunque incrementare il rapporto: si avrebbe solo un peggioramento della pezzatura e della qualità (fig. 4).

Ma la più sorprendente acquisizione sul rapporto luce/pianta è venuta dalle conoscenze del bilancio energetico dell'albero. Corelli Grappadelli e Lakso, 2007, hanno dimostrato che l'efficienza della luce dipende solo in parte dalla

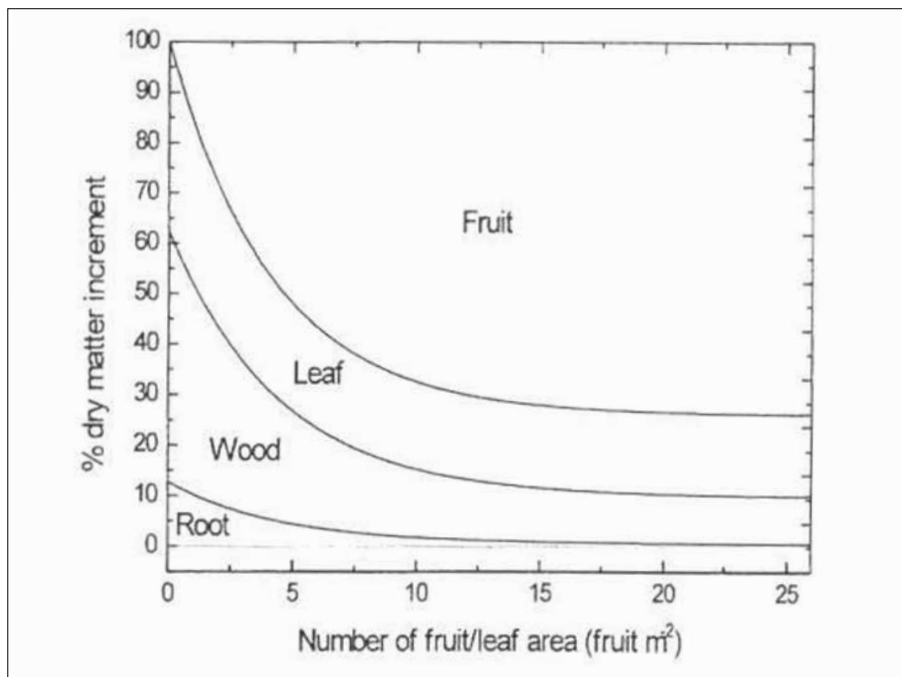


Fig. 4 Variabilità della relazione fra carico di frutti per unità di superficie fogliare e incremento percentuale di sostanza secca su melo (Palmer, 1981)

struttura della *canopy*, perché, qualunque sia la forma di allevamento, la fotosintesi netta non può superare, al massimo, il 3,5% (nel melo) della luce intercettata: normalmente l'efficienza fotosintetica non supera il 2%. Il massimo dell'energia (circa il 75%) viene infatti dissipato in calore (attraverso l'infrarosso) e appena il 15% viene riflesso dalla superficie fogliare (fig. 5).

Perché il rendimento del "motore" pianta è così basso? Il processo di fotoinibizione della luce, che si accresce con l'aumento della "pressione fotonica" e delle temperature, accompagna infatti negativamente quello della fotosintesi.

Losciale et al. (2010 a, b) hanno rilevato che le piante, in condizione di eccesso di radiazione luminosa, mettono in atto vari meccanismi di fotoprotezione basati su trasporti elettronici e vie biochimiche alternative, per liberarsi del surplus energetico. Il ciclo di Mahler, la dissipazione termica (NPQ, *Non Photochemical Quenching*), la fotorespirazione sono alcuni dei cicli metabolici che tendono a prevenire i danni causati dalle "specie reattive dell'ossigeno" (ROS), che si formano in conseguenza dell'abbondanza relativa di elettroni "liberi", che si registra in condizioni di elevata luminosità. La conseguenza inevitabile è che, oltre alla fotoinibizione (fotosintesi inibita da eccesso di

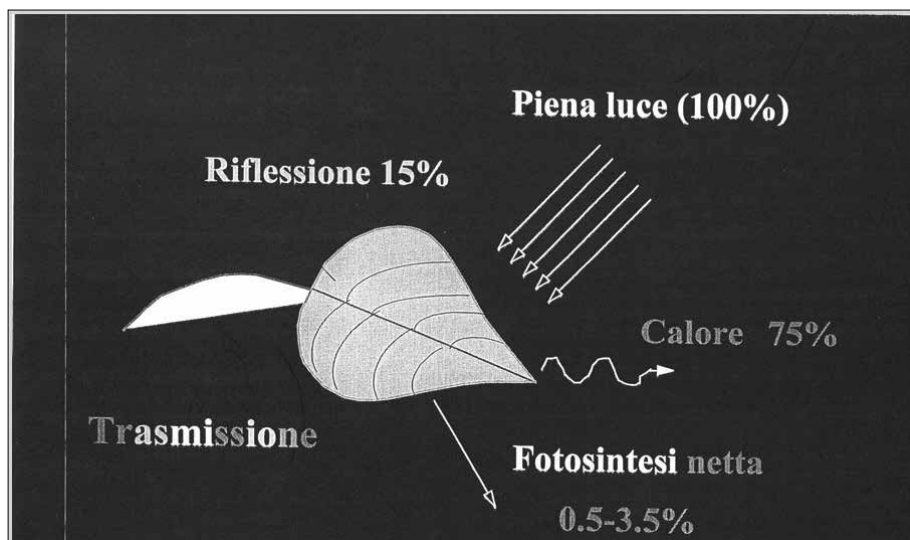


Fig. 5 Riparto dell'energia radiante intercettata dalle foglie. La maggior parte è riemessa e dispersa come calore (75%) attraverso l'infrarosso (Corelli Grappadelli, com. pers.)

luce), si arriva alla fotoossidazione (danno ai fotosistemi causato da eccessi di luce). Le piante hanno evoluto una strategia naturale di repentina riparazione del fotosistema danneggiato. Ma a un costo: la perdita giornaliera di sostanza secca (circa il 10%) derivata dalla fotosintesi. *Perché dunque abbandonare la pianta nel fronteggiare i due processi di fotoinibizione e fotoossidazione?*

C'è ancora un altro aspetto da considerare, legato all'energia trasmessa dalla luce alla foglia: l'aumento della traspirazione (per raffreddarsi) e il conseguente abbassarsi del suo potenziale idrico. Tutto ciò va messo in relazione con la crescita del frutto, per favorire la quale occorre continuità del flusso idrico non solo xilematico, ma anche floematico, quale veicolo di fotosintetati destinati al frutto (accertato almeno nella specie melo).

Per ridurre gli effetti negativi della luce durante le ore più calde del giorno e nei periodi estivi con più alte temperature, occorrerebbe non solo modulare l'intensità della luce, ma anche il flusso idrico, affinché questo non venga meno nelle ore più critiche del giorno (colmando così il potenziale idrico negativo). Una positiva influenza a questo riguardo può essere esercitata dall'architettura della chioma, come si è visto nel caso delle "asimmetrie" degli alberi di pesco, sperimentate a Bologna (Losciale et al., 2010) (fig. 5bis).

Le pratiche colturali non possono prescindere da alcune conoscenze di base, riscontrabili nelle aree frutticole italiane, a cominciare dal fatto che la curva di saturazione della fotosintesi si raggiunge in genere con appena il

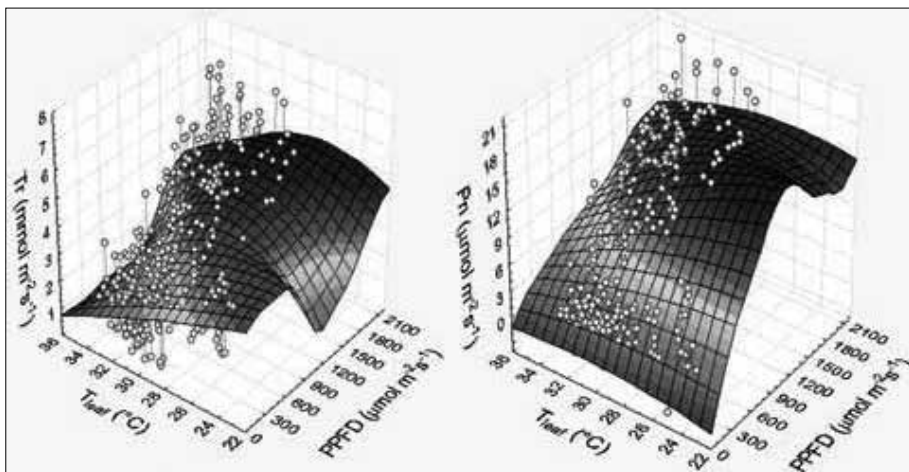


Fig. 5bis *Andamento di fotosintesi netta (P_n) e traspirazione (T_r) in funzione dell'intensità luminosa (PPFD) e della temperatura fogliare (T_{leaf}) ottenuto attraverso misure di scambio gassoso e intercettazione luminosa di una popolazione di circa 400 foglie di pesco cv Alice Col (Losciale et al., 2010)*

50% dell'intensità luminosa (con una perdita di C che va dal 7 all'11%). Se il PAR (*Photosyntetic Active Radiation*) o la PPFD (densità di flusso fotosintetico) sono limitati, la pianta ha un minor fabbisogno idrico, le foglie sono più efficienti (con riduzione anche del 30-40% di acqua), mentre con troppa luce la pressione fotonica produce danni ai centri di reazione fogliare, con effetti sicuramente negativi. Le ricerche sul pesco indicano che troppa luce – e alte temperature – provocano fotoinibizione, con riflessi negativi sulla fotosintesi.

Si pone perciò un problema di gestione della luce, attraverso possibili e convenienti pratiche agronomiche per massimizzarne l'intercettazione, ma entro i limiti che non generano negative conseguenze.

La letteratura sull'argomento ci dice che esistono due opposte argomentazioni, basate sulla valutazione degli effetti dell'ombreggiamento, visto che di luce, o meglio, di energia radiante, nei frutteti posti alle latitudini dell'Italia (fra 40° e 46° Nord) ce n'è sempre troppa. Per innalzare la soglia di intercettazione luminosa sono state fatte ipotesi scientifiche: per esempio, l'idea un po' utopistica di costruire geneticamente piante da frutto col meccanismo C_4 invece di C_3 . Un'altra possibile via da esplorare sarebbe quella, per trasformazione genetica, di rendere il processo fotosintetico continuo, cioè per l'intero giorno, togliendo alla pianta l'effetto del buio. Sebbene nel pomodoro sia stato scoperto il gene che rende possibile questo traguardo (in serra) è improbabile che sia ripetibile nelle piante da frutto.

SVANTAGGI	VANTAGGI
Diminuzione di fotosintesi	Riduzione allegagione (indotto effetto diradante)
Diminuzione di spessore fogliare	Può aumentare l'efficienza produttiva
Diminuzione di massa unitaria foglie	Positive modifiche di microclima con reti foto-selettive
Comparsa di Leaf cupping (foglie addocciate)	Modulazione energia luminosa per la foglia
Calo peso dei frutti	Può favorire la crescita del frutto
Meno colorazione della buccia	Può migliorare o peggiorare la qualità dei frutti
Minore concentrazione di solidi solubili	Riduzione bitter pit (%)
Minore differenziazione gemme a fiore	Riduzione rugginosità dei frutti
Possibile calo allegagione e fruttificazione	Riduzione scottature e colpi di sole
	Riduzione effetti HT (alte temperature)
	Riduzione stress idrico e conseguente risparmio idrico
<i>Da Palmer, 2014</i>	<i>Da Corelli Grappadelli et al., 2015</i>

Tab. 3 *Gestione dell'ombreggiamento e influenze contrapposte entro certi limiti*

I tentativi di accrescere l'intercettazione si sono tradotti in pratiche colturali, per es. lasciare “finestre” nella chioma, se questa è voluminosa come nelle forme a vaso, con una potatura atta a favorire la penetrazione della luce. Oppure senza alzare troppo il LAI (cioè la densità fogliare), utilizzare reti protettive di colore chiaro, con basso assorbimento luminoso o anche utilizzare al suolo film plastici bianchi riflettenti la luce sulle foglie delle parti basse della chioma (pratica diffusa in altri paesi e già ripetutamente sperimentata anche in Italia).

La tabella 3 dimostra quanto incida l'influenza dell'ombreggiamento che, a seconda della sua entità, può esser portatore di molti svantaggi (Palmer, 2014) o all'opposto di vantaggi (Corelli Grappadelli, 2015), qualora sia ben gestito.

Le più recenti ricerche del Gruppo di ecofisiologia dell'Università di Bologna, condotte attraverso temporanee e brevi sottrazioni di luce, realizzate con reti schermanti, hanno evidenziato la loro surrettizia possibilità di controllare l'eccesso di allegagione dei frutti di melo (con effetto paragonabile a quello del diradamento dei frutti). Gli effetti benefici di vari tipi di copertura antipioggia e antigrandine con vari colori di reti fotosellettive, applicate per un certo periodo ad alberi di ciliegio, hanno pure avuto altri effetti benefici (Costa et al., 2015). Si consegue una modificazione del microclima sottorete favorevole alla crescita del frutto, al miglioramento della sua qualità, e all'efficienza produttiva dell'albero. Altri vantaggi variamente riscontrati in altre ricerche (vedi Kelderer e Telfser, 2015; Dorigoni e Micheli, 2015) sono una



Fig. 6 *Doppia copertura con reti protettive antipioggia e antigrandine su ciliegio (Università di Bologna)*

riduzione dei colpi di sole, degli effetti delle alte temperature e quindi del possibile stress idrico, una minore incidenza sulle mele di bitterpit e di rugginosità (fig. 6).

Dobbiamo, dunque, concludere che attraverso una buona gestione del binomio luce/ombra si può migliorare il processo di fruttificazione cercando di assecondare, in tempi diversi, i possibili vantaggi dell'uno e dell'altro. Così del resto, nella vite, è stata messa a punto una tecnica innovativa attraverso la pratica della defogliazione basale dei germogli "all'epoca della fioritura" e della "defogliazione apicale" degli stessi a quella dell'invasatura (Intrieri, 2015).



Fig. 7 Sistema di supporto decisionale del pesco correlato al monitoraggio della crescita del frutto. Con sole tre misurazioni diametriche nella prima fase di crescita si ottiene la predizione della pezzatura finale e conseguente definizione degli interventi (es. entità diradamento). Ove necessario si può così riportare la crescita del frutto alla normalità (Servizio Spin Off “Hortic. Knowledge”, Università di Bologna). Nella foto “fruttometro” con “data logger” incorporato (Manfrini et al., 2012 e 2015)

Da quanto esposto finora riteniamo che i fattori fisiologici che, stanti le attuali tendenze dell’*orchard design*, maggiormente concorrono a interagire nel conseguimento di una produzione di alta qualità siano i seguenti:

- una buona distribuzione della luce all’interno della chioma;
- una elevata efficienza fogliare in modo che il flusso dei carboidrati, attivati in equilibrio fra *sink* vegetativi e produttivi e correlati agli stimoli e flussi ormonali dell’albero, conducano all’individuazione del rapporto ideale da stabilire caso per caso, fra frutti allegati e frutti asportati o caduti col diradamento.

Il monitoraggio della crescita del frutto negli stadi iniziali e delle disponibilità idriche (pianta/suolo) sono indispensabili per razionalizzare le pratiche colturali o per attivarle in casi di emergenza (sanitaria, stress, ecc.); di queste occorre conoscere tempestività, modalità e intensità degli interventi; che

sono, di volta in volta, potatura estiva, fertirrigazione, gestione reti, protezione sanitaria, utilizzo di integratori chimici od organici, ecc. La disponibilità o l'accesso a un sistema di registrazione dei dati dei monitoraggi correlati ai vari processi interagenti (cfr. fig. 7), integrato con software e algoritmi che sanno dare risposte e indicazioni tecniche in tempo reale, può essere di grande aiuto in tali scelte.

PROGETTAZIONE DELL'IMPIANTO

È la scelta più difficile da compiere, perché va fatta in anticipo, sulla base di un'analisi molto dettagliata di obiettivi e strumenti a disposizione (Inglese et al., 2012). Nell'attuale incertezza dei mercati si tende in generale ad abbreviare il periodo di ammortamento, in passato molto lungo; in pratica, ciò significa che si tende a ridurre la durata economica del frutteto; nel caso del pesco e del melo si vogliono ammortizzare le spese d'impianto fin dal 5°-6° anno e in altre specie come ciliegio e pero verso il 7°-8° anno, nell'ipotesi che la durata economica del frutteto sia compresa fra quindici e venti anni, nel caso del pesco solo dieci-dodici. In genere, nelle aree di pianura, ove occorre predisporre anche un buon governo delle acque di scolo superficiale, l'impianto viene dotato anche di reti drenanti a profondità di 60-80 cm e di strutture automatizzate di pompaggio, miscelazione e flusso idrico regolato per l'impianto di fertirrigazione, nonché di protezione soprachioma (reti e film). L'Università di Ferrara ha messo a punto e realizzato un sistema di movimentazione automatica per l'apertura e chiusura delle reti e film di copertura, sistema già collaudato dai tecnici della Fondazione Navarra con buoni risultati. Il costo di installazione però è piuttosto alto, per ora inabbordabile.

Da parecchi anni le imprese riunite in consorzi e cooperative possono utilizzare i *benefit* messi a disposizione dall'OCM (cioè il contributo dell'UE) per i nuovi impianti, ma i contributi concessi, in genere, non coprono l'insieme delle spese (costo effettivo degli alberi, della piantagione e delle strutture di sostegno e protezione), perché non vanno oltre 10-15.000 €/ha.

Tutto questo spiega perché il desiderio di accorciare l'ammortamento porti a scegliere impianti a medie-alte densità, talora molto alte (pur generando un incremento spese per acquisto alberi). La sperimentazione condotta negli ultimi venti-trent'anni, in presenza di densità che hanno raggiunto anche 4-5.000 alberi/ha ha dimostrato che non conviene andare oltre 3-4.000 alberi/ha, per le pomacee (salvo alcune aree montane), quali siano le variabili

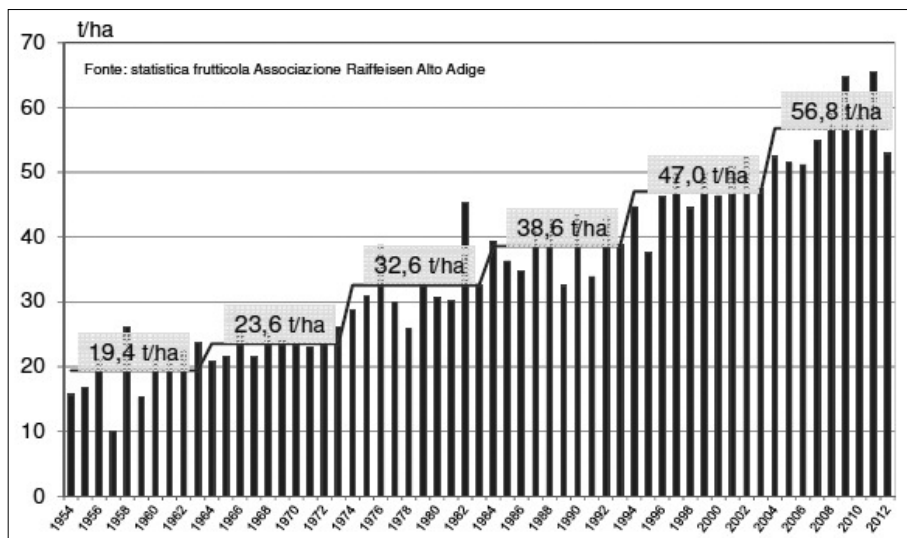


Fig. 8 Il tasso di incremento della resa produttiva dei meleti altoatesini è stato quasi costante e lineare negli ultimi cinquant'anni (salito da 19 a 57 t/ha/anno). I fattori della crescita agronomici, genetici, gestionali, consentiranno ancora nei prossimi anni altro margine di crescita?

tecniche, pur attuate in maniera appropriata, se non si vuole pregiudicare la qualità del prodotto e con questo rischiare l'equilibrio costi/ricavi.

È pur vero che le rese ettariali sono aumentate a un ritmo quasi lineare negli ultimi sessant'anni (molto esplicita è la figura 8, riferita ai meleti altoatesini), ma oggi la morsa cui devono piegarsi i coltivatori è, da un lato, di essere competitivi sui mercati (per qualità e prezzi) e dall'altro di seguire e attuare i principi, soprattutto ecologici, della sostenibilità gestionale e della resilienza del frutteto; occorre cioè tenere basso l'impatto ambientale di una frutticoltura comunque intensiva; produrre secondo il rispetto di regole molto severe e restrittive; non inquinare il suolo e le falde idriche; non dissipare le risorse naturali (fertilità del suolo ecc.); rispettare la biodiversità e con questa l'ecosistema, più o meno con equilibrio a rischio. Queste misure nell'insieme vogliono essere l'equivalente di un'assicurazione sul futuro, per chi coltiverà dopo di noi.

Non ci addentriamo nell'analisi dei fattori di progettazione, ci limitiamo a riassumere quali sono gli *output* medi del frutteto (tab. 2) (dal cui esame si risale ai fabbisogni di nutrienti e di acqua) e quali parametri energetici considerare per la scelta delle tecniche colturali, mentre nella tabella successiva diamo in sintesi l'elencazione dei parametri fisiologici, pratici, di efficienza sia dei singoli alberi sia dell'impianto nel suo insieme (tab. 3).

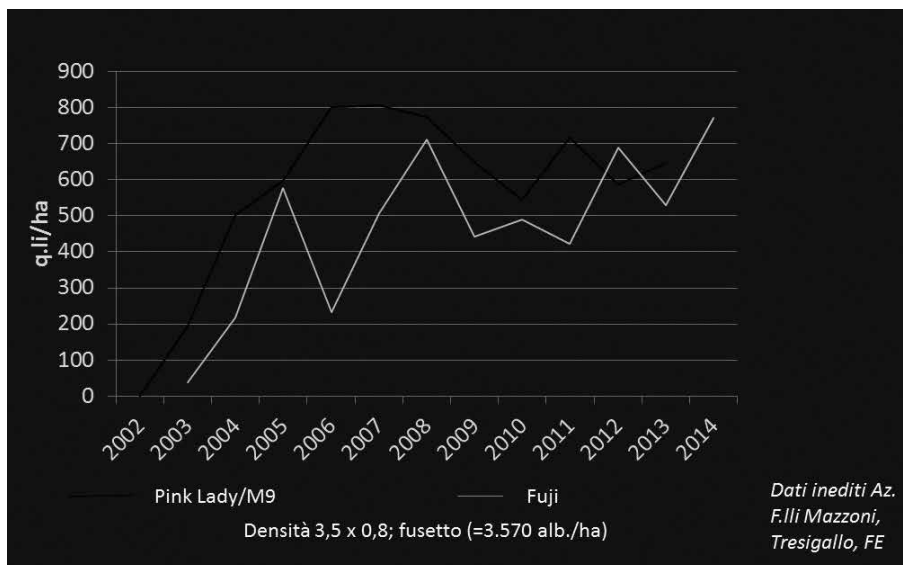


Fig. 9 Alta fruttificazione di meli “Pink Lady” e “Fuji”, fino al 12° anno (2014) allevati a fusetto/M9 – T337 nel Ferrarese (Migliaro)

ALBERI INTERI PREFORMATI ALL’IMPIANTO

Un cambio fondamentale negli impianti è stato dato, già da vari anni, dall’utilizzo di astoni ben allevati in vivaio, provvisti di rami anticipati (ottenuti naturalmente o favoriti da interventi chimici, es. BA + GAs, in vivaio) per poter conseguire una più rapida formazione scheletrica dell’albero dopo trapianto e quindi senza più una netta distinzione fra fase di allevamento e fase di produzione. Gli alberi, cioè, devono fruttificare a partire, se possibile, dal 2° anno di piantagione, raggiungendo la piena produzione già al 3° anno. Traguardo conseguibile con melo e pesco (figg. 9 e 10). Talvolta gli alberi ben formati fruttificano in qualche modo fin dall’anno d’impianto o comunque iniziano a produrre molto prima anche per le specie a fruttificazione ritardata (es. pero, ciliegio e noce).

La tecnica di potatura dell’albero trapiantato entra pure in gioco, nel senso che, per raggiungere gli obiettivi sopra esposti, gli astoni, cioè gli alberi ottenuti in vivaio a un anno dall’innesto – talvolta allungato a due anni – non subiscono alcun pesante taglio di raccorciamento o sono lasciati interi, a “tutta cima”. Nemmeno i rami anticipati salvo diradamento per asportazione, soprattutto in alto, sono raccorciati. Solo l’astone può essere raccorciato, al di sopra delle impalcature già abbozzate (es. a 1,30 m da terra), grazie alla presenza e al mantenimento dei rami anticipati.

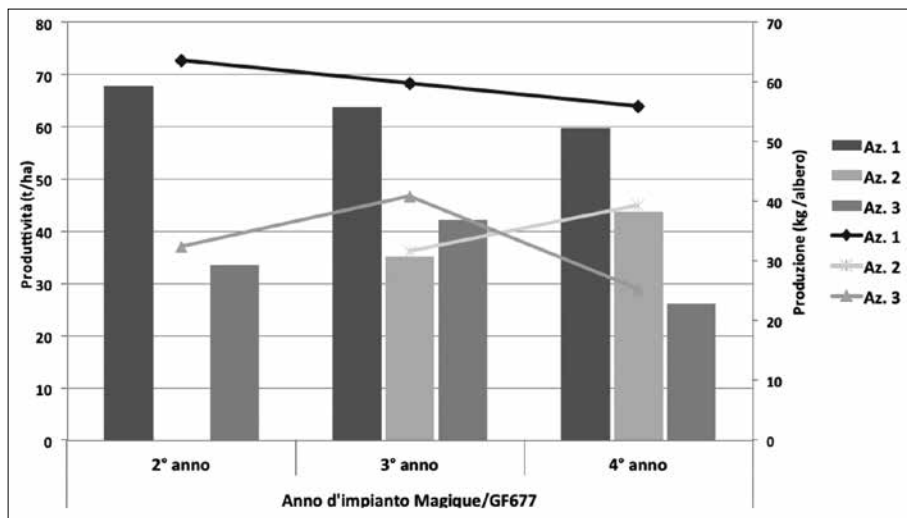


Fig. 10 Il pesco allevato a fusetto ad alta densità (1.100 alb./ha), con una potatura "minima" può raggiungere una elevata e precoce fruttificazione. Nel grafico le spettacolari rese produttive della nettarina cv "Magique/677" in alcune aziende ravennati (Sansavini et al., 2013)

MODELLO MELO

Gli impianti di melo a densità alte o medio-alte (3-4.000 alb./ha) sono allevati, in montagna come in pianura, unicamente a fusetto, con diverse possibili varianti; più frequentemente è lo *slender spindle* a prevalere (derivato dall'originaria piccola piramide compatta dello *spindle-bush*), basato su un albero monocaule, con corte branchette liberamente allevate solo nelle parti medio-basse della chioma. C'è quindi ormai una generalizzata scelta della forma di allevamento (anche perché il portinnesto è in larghissima parte M9, rappresentato da vari cloni, più frequente, in Italia, il T337, più o meno nanizzanti); le varianti sono legate alla vigoria intrinseca delle singole combinazioni d'innesto (interazione nesto/portinnesto) e all'influenza indotta da suolo/clima (Corelli Grappadelli e Sansavini, 1989; Sansavini e Corelli Grappadelli, 1991 e 1997; Sansavini et al., 1999a). Tutte le forme mirano a costituire una parete continua o uniforme e relativamente stretta (almeno in alto), anche per favorire interventi meccanici (es. diradamento florale) (fig. 11).

Prendo ad esempio, in zona tipica della pianura ferrarese, un moderno impianto giunto al dodicesimo anno d'impianto (2014), di cui sono riportati i dati produttivi anno per anno, di due varietà, "Pink Lady" e "Fuji" (3,5 x 0,8 m = 3.570 alb./ha). Ciò che può stupire è l'obiettivo raggiunto dalla precoce messa a frutto degli alberi, avendo conseguito rese di 50 t/ha al 2° anno e di 80 t al 4° anno. In pratica, il periodo di allevamento è stato quasi annulla-



Fig. 11 *Diradamento dei fiori in filari a siepe stretta e alta di meleli con barra flagellatrice Darwin*

to, in quanto accompagnato da altissima produzione di grande qualità (oltre 90% di frutti di prima categoria Premium) (fig. 9).

Ovviamente, non tutta la nuova melicoltura italiana si colloca su questo livello. Le aziende di tutto l'arco alpino sono pure dei modelli da seguire con rese altrettanto alte e qualità eccelsa, più ancora della pianura. Questi dati dimostrano quanto la tecnologia giochi un ruolo di primo piano nel rendere efficienti gli impianti. Purtroppo la media statistica delle aziende italiane è ben lontana da questi risultati, essendo innumerevoli i fattori che contribuiscono ad abbassare le rese e quindi la redditività della coltura.

MODELLO PERO

I pereti specializzati su cotogno, nati negli anni '30, sono stati, in Italia, il primo esempio di alta densità, con 4.000 alb./ha, come illustrato nel volumetto

di Del Lungo e Zanini del 1939 (fig. 12). Allora, in tutta Europa, esistevano solo frutteti estensivi, in gran parte su portinnesto franco. Grazie poi alla forma di allevamento a palmetta (altro attributo italiano), nel dopoguerra la nostra pericoltura si è diffusa con densità medie piuttosto alte (oltre 2.000 alb./ha), poi quasi raddoppiate nell'arco di un ventennio, prima di fine secolo. I modelli attuali più frequenti sono basati solo sul fusetto-appiattito (più adatto della palmetta alle distanze ridotte, in genere inferiori al metro) (Musacchi, 2011; Sansavini e Musacchi, 1994 e 2000). Il filare, invece, è rimasto continuo, modello siepe stretta (*hedgerow*), meno alto che in passato ($h = 3$ m o meno, invece di 4 m e oltre). Varianti sono rappresentate da "Solaxe", asse centrale, ecc. Ciò che è profondamente cambiato nel tempo, rispetto al passato, è il metodo di potatura durante l'allevamento: in passato, basato su molti tagli, non solo di raccorciamento dei rami, ma anche di diradamento delle formazioni fruttifere portate da robuste branche formate con simmetria geometrica, permanenti. Oggi le forme sono libere, convertibili e sfruttate per una rapida iniziale messa a frutto, per cui i tagli sono numericamente inferiori e mirati alla semplificazione dello scheletro (ridotto al minimo) e al mantenimento dei soli rami a frutto (brindilli o lamburde). Le branche sono dei supporti, piuttosto corti, delle formazioni fruttifere; sono semipermanenti o temporanee, fino all'esaurimento delle formazioni; rimangono, in tal modo, fino al 4°-5° anno, poi eliminate.

Il pero, grazie alla plasticità adattativa della specie può persino "rimediare" a certi errori del potatore. Per questo, esistono numerose forme d'allevamento derivate da palmetta e fusetto: citiamo il "bibaum" (biasse colonnare o Y longitudinale), il *superspindel* (monocaula senza branche, con sole formazioni fruttifere), l'Y trasversale, il sistema a V, certi tipi di cordoni bassi, adatti ai frutteti pedonali. I dati di un confronto multiplo, a Bologna, fra cultivar, portinnesti e distanze, riferiti fino al 7° anno, sono riportati in un lavoro di Ancarani et al., 2004.

Queste varianti servono per alzare ulteriormente le densità ben oltre i 4.000 alb./ha. Si trovano, nella pianura padana, frutteti VHD (*Very High Density*) con distanze di $3 \times 0,4$ m pari a circa 8.000 alb./ha difficili da governare e persino pereti a 10-12.000 alb./ha, allevati a cordone verticale (sembrano dei "vivai a frutto"), con alte produzioni iniziali. Le tecniche d'impianto e coltivazione di questi pereti sono adattate e si discostano dallo standard. Per es. gli alberi non sono piantati in un solco normale di 30 cm di profondità, ma appoggiati in solchetti o in incavi di appena 10-15 cm (quindi occorrono fili e paletti di sostegno), in modo che gli apparati radicali siano situati in parte sotto e in parte sopra il livello del suolo (ricoperti perciò da terra di riporto fino a 20-30 cm di altezza formando



Fig. 12 *Primi impianti di pero cv Passacrassana ad alta densità in Emilia (4.000 alb./ha). Allevamento a cordone verticale (Del Lungo e Zanini, 1939)*

delle specie di aiuole in rilievo). In tal modo, “soffrendo”, si mettono a frutto subito e le radici andranno nelle profondità sottostanti, solo in un secondo tempo. Si tratta di un meccanismo da sfruttare attraverso crisi di trapianto pilotate per indurre l'immediata induzione a fiore di germogli e lamburde.

Nella tabella 4 sono riportati in sintesi i principali fattori tecnici che concorrono alla progettazione e al governo dell'impianto di pero.

Il pero, però, a differenza del melo, è più lento nella messa a frutto, e anche con le più alte densità difficilmente si superano le 50 t/ha (la produzione può essere superiore in “Conference” e “Abate Fétel”). Alle più alte rese c'è però il rischio alternanza. Altre varietà come “William” e “Decana del Comizio” sono assai meno produttive. In genere una resa si considera soddisfacente quando supera 30-40 t/ha. Nel pero c'è, sempre permanentemente, il rischio di scarsa allegagione, per cui è raro che nei pereti si facciano pratiche di diradamento frutti; si usano invece, anche in eccesso, prodotti integratori auxinici durante e dopo la fioritura; si fanno, sulle varietà suscettibili di partenocarpia, trattamenti gibberellici GA_3 oppure GA_{4+7} per favorire l'allegagione.

- Filari continui siepiformi (hedgerow) a distanze molto ridotte sulla fila, con radici superficiali
- Forme variabili cambiando distanze sulla fila; quella interfila tende a rimanere costante. Convertibilità della forma dopo il 4°-5° anno, lungo il ciclo economico del pereto
- Portinnesti: solo cotogni (Sydo, Adam, MH, MC, Ba29 e ibridi peri franchi in suoli subcalcarei)
- Importanza della potatura d'allevamento: alberi preformati in vivaio
- Allevamento/Potatura minima e leggera. Forte riduzione dello scheletro (es. alberi monocauli)
- Potatura di produzione/Tagli secondo i 5 modelli varietali di habitus di fruttificazione del pero (Sansavini e Musacchi, 1994)
- Supporto della meccanizzazione (piattaforme e carri semoventi o trainati). Potatura pneumatica o idraulica. Irroratrici non scavallatrici
- Differenziazione a fiore e allegagione promosse e sostenute con ormoni e integratori (es. Ga₃ e BA, Ethrel + Auxine, Proexadione Ca)
- Fertilizzazione dosata, interattiva (con bilancio idrico o sensori al suolo), automatizzata
- Protezione alberi con reti antigrandine e/o antinsetti

Tab. 4 *Pero: attuali indirizzi per i nuovi impianti frutticoli*

MODELLO PESCO

In un'indagine condotta in Romagna qualche anno fa e basata sulle modifiche di densità d'impianto dei peschi avvenuta negli ultimi venti anni (fra il 1990 e il 2010) all'interno di alcuni grandi complessi cooperativi (Neri et al., 2010), è emerso che nel 1990 prevalevano pescheti con 400-700 alb./ha mentre nel 2010 la media era di 1.000-1.400 alb./ha (fig. 14). Ciò ha provocato anche il cambio della forma di allevamento. La palmetta, prevalente nel 1990, si era ridotta a meno del 20%, soppiantata dal fusetto (>60%) mentre il vaso basso o ritardato incideva per il rimanente 20%.

L'interazione esistente fra densità e forme di allevamento è dimostrata dal confronto fra forme: quelle in parete (fusetto, candelabro, Y) raggiungono rese produttive di 40 t/ha (e con il sistema a V anche, raramente, 60 t/ha) mentre le varie forme in volume, a vaso, si attestano intorno alle 30 t/ha o poco più (Sansavini et al., 1999).

In impianti modello del Ravennate, fusetti liberi governati da peschicoltori molto esperti, ricorrendo a varietà molto produttive come ad es. la nettarina bianca "Magique"/GF 677, si sono raggiunte e superate le 60 t/ha al 4°-5° anno (fig. 10) (Sansavini et al., 2013).

Nel pesco, in generale, le forme sono cambiate per sfruttare meglio il minore spazio a disposizione dell'albero, ma non il portinnesto che, per grande parte, è rimasto lo stesso (ibrido franco pesco x mandorlo GF677), con qualche esempio di ibridi plurispecie come "Ishtara", o di susini, tipo *P. insititia*, quale lo spagnolo Adesoto, o *P. domestica* quale ad es. Tetra.

Nel pesco, dunque, la densità è aumentata assai meno che nel melo e nel pero, fondamentalmente perché i tentativi di introdurre portinnesti nanizzanti sono quasi sempre falliti (vedi Sirio). La pianta produce bene e

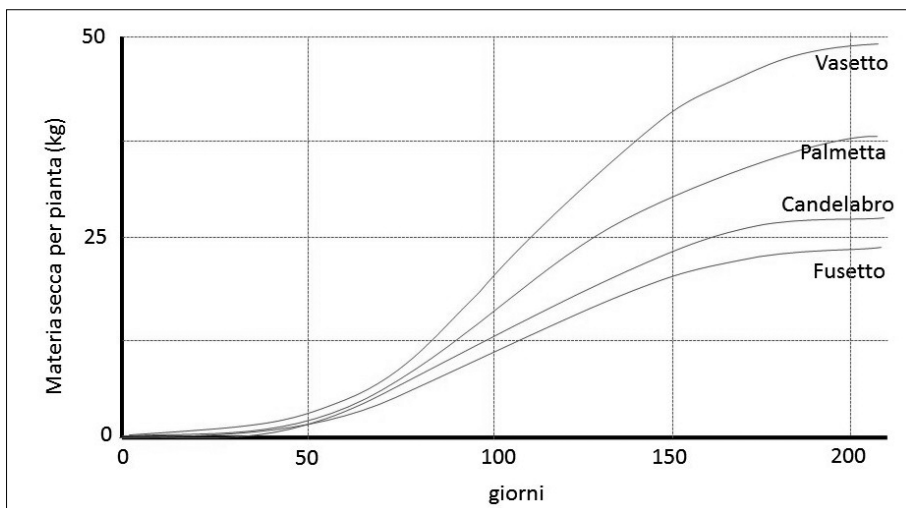


Fig. 13 *Biomassa cumulata in grammi per pianta di pesco (confronto fra 4 forme di allevamento: candelabro, fusetto, palmetta, vasetto (da Neri et al., 2015)*

pesche di qualità solo se vigorosa e i rami misti devono essere ben formati, senza rami anticipati, ma non esili come i brindilli. È stata dimostrata una correlazione diretta fra biomassa legnosa e biomassa frutti (Neri et al., 2015).

Circa la capacità di conversione della luce in prodotto fotosintetico, in un confronto fra quattro forme di allevamento è emerso che il fusetto, nell'intero arco della stagione, riesce a correlare una quantità di biomassa (20 t/ha) nettamente superiore alle forme a confronto, che erano vasetto, palmetta e candelabro, mentre se il confronto è riferito alle singole piante, allora prevale il vasetto sul fusetto (Neri et al., 2015) (fig. 13). Ma sul piano economico, ciò che conta maggiormente, per valutare la convenienza dei vari sistemi d'impianto, è la percentuale di frutti di prima qualità (solo questi frutti, infatti, sono pagati a prezzo pieno, gli altri a prezzi simbolici). Nel pesco, a parte i danni sanitari, è facile raccogliere frutti di ridotta pezzatura o poveri di colore, a causa della posizione del frutto in ombra o perché posti in basso nella *canopy* (Marini e Corelli Grappadelli, 2006). Questi frutti in genere sono poco apprezzati, o di scarto. Occorre evitare che ci siano. Questo fenomeno ha contribuito, come fattore principale, a mandare "in rosso" la gestione economica di molti pescheti.

In definitiva, nel pesco, la scelta della forma di allevamento rispecchia spesso l'abilità tecnica del peschicoltore, ma più delle quantità raccolte ormai conta la qualità del prodotto.

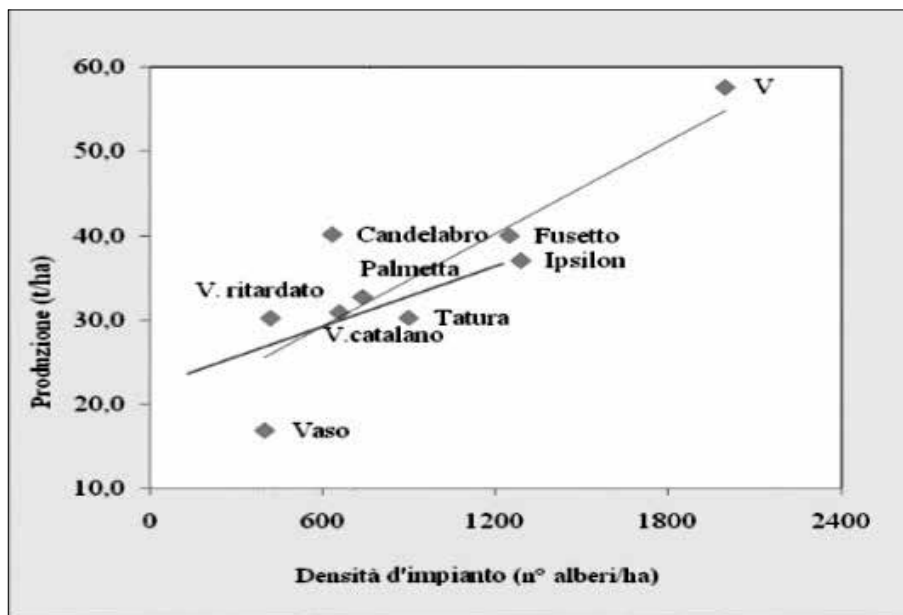


Fig. 14 Indagine sugli impianti peschicoli in Romagna. Relazione tra densità d'impianto con relativa forma di allevamento e produzione unitaria (t/ha) (da Neri et al., 2010). Risultano più alte le rese produttive dei pescheti a fusetto e con sistema a V (da 1.200 a 1.800 alb./ha)

SISTEMI ARBOREI DEL FUTURO

Abbiamo visto quanto grande sia stata l'evoluzione degli impianti arborei da frutto negli ultimi vent'anni. Cambiamenti, dovuti non solo all'avvento di nuove varietà (non tanto di portinnesti), ma soprattutto dettati da necessità economiche, al fine di rendere gli impianti e quindi le imprese competitive sui mercati. Si sono però fortemente ristretti i margini di guadagno, a causa degli alti costi, per cui solo le innovazioni tecniche applicate al governo ottimale del frutteto possono fare la differenza e rendere redditizia la coltura.

L'alta densità è ormai un traguardo acquisito e generalizzato: i frutteti stanno diventando "pedonali" laddove esistano portinnesti adatti (vedi melo, ciliegio, pero), ma ci sono ancora margini per la modellizzazione architettonica degli alberi alle varie altezze (Cortes et al., 2006), perché questi, se monocauli, saranno provvisti di branche semipermanenti o di corti supporti scheletrici, ma devono comunque essere sufficientemente rivestiti di foglie efficienti. La meccanizzazione e l'automazione non hanno ancora espresso il massimo delle loro potenzialità. Ci sono ancora grossi margini evolutivi dipendenti dai mezzi informatici e digitali applicati, che, se ben sfruttati,

sono una prospettiva dell'“agricoltura di precisione”: i parametri da considerare sono dunque altri, a cominciare da quelli fisiologici legati a una efficiente superficie fogliare, ben distribuita nella chioma, presupposto per avere un alto rapporto fra biomassa prodotta e frutti raccolti (Manfrini e Corelli Grappadelli, 2008; Manfrini et al., 2011; Neri e Sansavini, 2012). Il mercato richiede sempre pezzature medio-grosse, uniformi, ben colorite, requisiti che si raggiungono però solo nelle aree vocate alle singole colture.

I principi di sostenibilità ecologica, economica e sociale inducono poi la ricerca e la scienza ad adattare le nuove tecniche escogitate a una frutticoltura intensiva che non può tornare indietro. Altri presupposti concorrono ai risultati, per esempio l'innalzamento del livello di sostanza organica del suolo e quindi di carbonio in molte aree del Sud e del Nord, per preservare la fertilità e ridurre in generale gli input energetici esterni (acqua, prodotti chimici, altri mezzi tecnici) (fig. 15). Nel suolo bisogna cercare di sequestrare il massimo della CO_2 , non solo con l'uso dei compost in particolare, e di ammendanti organici, ma con altri accorgimenti aumentando la popolazione microbica (per via biologica) e con pratiche di inerbimento e pacciamatura; utili sono persino gli antichi sovesci di leguminose da interrare.

Grazie alle provvidenziali innovazioni che provengono dall'automazione, dalla meccanizzazione e dalla creazione di reti informatiche per la raccolta e gestione dei monitoraggi biologici e fisici, si possono compiere scelte decisionali motivate anche se difficili, in tempi reali. Esistono le condizioni per migliorare molti processi e pratiche agronomiche (vedi es. fertirrigazione e difesa) in modo da perseguire finalità più virtuose nella gestione del frutto, con più ridotto impatto ambientale, meno rischi per la salute, maggiore rispetto della biodiversità e produzione di frutta con più sicurezza per il consumatore (fig. 15).

I disciplinari di produzione integrata andranno sempre più recuperando, non appena accertata la loro validità, principi di produzione organica, ad esempio gli impianti costituiti da varietà rustiche e/o resistenti a patogeni, si tradurranno automaticamente in un minor uso di pesticidi e perciò in una produzione più salubre e sicura.

Ci si sta orientando verso pratiche e interventi semplificati, ma più precisi e sicuri che in passato, tempestivi, risparmiatori sul piano energetico. Gli interventi su base fisiologica, l'architettura dell'albero e le reti fotoselettive applicati assieme, concorreranno a gestire bene luce e ombra al di sopra e all'interno della chioma; sono “optional” già alla portata delle aziende più moderne. Proteggere i frutteti con reti multifunzionali, apportare meno nutrienti e meno acqua (attraverso il “deficit idrico controllato”, dove applica-

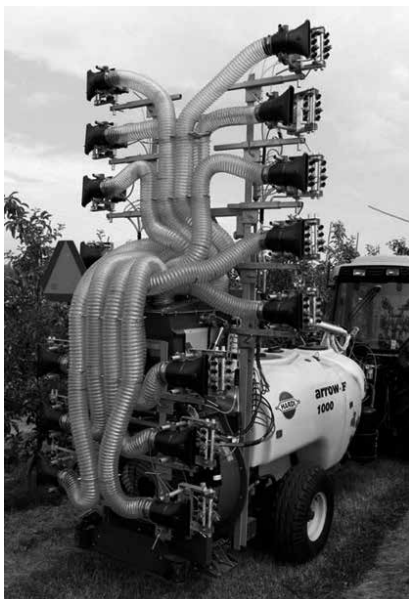


Fig. 15 *Prototipo di irroratrice automatizzata (Progetto europeo ISAFRUIT, 2011) per la sostenibilità ecologica, il risparmio energetico e l'efficienza del trattamento*

bile) con modalità atte a ridurre gli sprechi (costi e impatto sull'ecosistema), sono gli obiettivi dei prossimi anni.

Conseguentemente cambierà anche il ruolo dell'assistenza tecnica, sempre meno legata alla visita di consulenza aziendale, e sempre più alla diffusione e partecipazione a reti interattive, utilizzando, singolarmente, supporti decisionali gestiti da Servizi specializzati (gruppi privati, coop, start-up, spin-off) o, meno frequentemente, pubblici. Non si può sperare che siano lo Stato o le Regioni a fare più di quello che spetta loro, e cioè apprestare reti aggiornate di servizi tecnici di consulenza, organizzare servizi di coordinamento delle reti e gruppi operativi privati, nelle singole regioni. In ogni caso il ruolo degli enti pubblici e delle istituzioni di ricerca rimarrà fondamentale per realizzare il "sistema Paese" in un rapporto di attiva partecipazione all'intera filiera interprofessionale.

RIASSUNTO

La generale, irreversibile tendenza della frutticoltura all'aumento della densità degli impianti e quindi all'abbassamento e alla riduzione volumetriche della chioma, ha imposto una revisione globale delle tecniche di allevamento, coltivazione, protezione e gestione organizzativa dei frutteti. Un grande aiuto è venuto dalle innovazioni genetiche, meccaniche, informatiche e dall'automazione di numerose pratiche (es. fertirrigazione).

L'inserimento a vari livelli di tecnologie di monitoraggio (suolo, albero, frutti) consente ormai di raggiungere rese produttive elevate, senza abbassamento della qualità del prodotto, seguendo i principi della sostenibilità ecologica ed economica imposta dal mercato, dai regolamenti europei e quindi dai disciplinari di produzione.

L'applicazione crescente ai nuovi sistemi d'impianto dei principi della "frutticoltura di precisione" consentirà una riduzione dei costi e una maggiore competitività mercantile.

ABSTRACT

The general settled trend of fruit industry to increase plant density reducing canopy size and tree height carried out the growers to revise deeply the principles of tree training/pruning and protection, soil and orchard managing. This trend will continue and characterize the future cultivation guidelines.

Till now a big help is coming from genetic, mechanical, informatics innovations and their integrated technologies. Some practices are already automatized (i.e. fertigation). New monitoring systems (biological, physical and physiological knowledges) help to achieve high yield without penalization of fruit quality. Just applying revised technical addresses of eco-sustainability imposed by market, European rules and pest defense with imposed limits, the new fruit planting systems are going towards a "precision technologies" with the aim to improve the production process, to reduce production costs, to get safer human and environmental health and to be more commercial competitive.

LETTERATURA CITATA

- ANCARANI V., MUSACCHI S., SANSAVINI S., GAMBERINI A., GADDONI M., GRANDI M. (2004): *Individuazione dei limiti dell'alta densità nel pero: confronto fra sistemi di impianto e portinnesti*, «Rivista di Frutticoltura», 9, pp. 18-30.
- CORELLI GRAPPADELLI L., SANSAVINI S. (1989): *Light interception and photosynthesis related to planting density and canopy management in apple*, in «Acta Horticulturae», ISHS, Leuven (Belgio), 243, pp. 159-174.
- CORELLI GRAPPADELLI L., MAGNANINI E. (1993): *A whole - tree system for gas exchange studies*, «Hort. Science», 28, pp. 41-49.
- CORELLI GRAPPADELLI L., MAGNANINI E. (1997): *Whole - tree gas exchanges: can we do it cheaper?*, in «Acta Horticulturae», ISHS, Leuven (Belgio), 451, pp. 279-285.
- CORELLI GRAPPADELLI L., LAKSO A.N. (2007): *Is maximizing orchard light interception always the best choice?*, in «Acta Horticulturae», ISHS, Leuven (Belgio), 732, pp. 507-518.
- CORELLI GRAPPADELLI L., LAKSO A.N., FLORE J.A. (1994): *Early season patterns of carbohydrate partitioning in exposed and shaded apple branches*, «J. Amer. Soc. Hort. Sci.», 119, pp. 596-603.
- CORELLI GRAPPADELLI L., MORANDI B., ZIBORDI M., MANFRINI L., PIERPAOLI E., ANCONELLI S., GALLI F., LOSCIALE P. (2013): *Nuove conoscenze fisiologiche per un'irrigazione più precisa*, «Rivista di Frutticoltura», 10, pp. 36-44.

- CORELLI GRAPPADELLI L., MANFRINI L., ZIBORDI M., BASTIAS R., MORANDI B. (2015): *Conditioning the orchard light environment for greater efficiency and sustainability*, in «Acta Horticulturae», ISHS, Leuven (Belgio), *in press*.
- COSTES E., LAURI P.E., REGNARD J.L. (2006): *Analyzing fruit tree architecture: implications for tree management and fruit production*, «Hortic. Review», 32, pp. 1-61.
- COSTA G., CECCARELLI A., TAIOLI M., VIDONI S., ROCCHI L., GRANDI M., BIZZARRI M., LUGLI S. (2015): *Fare e difendere la qualità: i sistemi antipioggia*, Convegno del Ciliegio 2.0, Vignola (MO), *in litteris*.
- DORIGONI A., MICHELI F. (2015): *Reti multifunzionali in frutteti: dirado, antigrandine e difesa*, «L'Informatore Agrario», 4, pp. 51-55.
- INGLESE P., CORELLI GRAPPADELLI L., SEBASTIANI L. (2012): *Progettazione e impianto del frutteto*, in *Arboricoltura Generale*, Pàtron Editore, Bologna, pp. 307-331.
- INTRIERI C. (2015): *Tecniche innovative per la gestione di chiome di vite*, «Rivista di Frutticoltura», 5, pp. 32-33.
- JACKSON J.E., SHARPLES R.O., PALMER J.W. (1971): *The influence of shade and within-tree position on apple fruit size, colour and storage quality*, «J. Hort. Science», 40, pp. 277-287.
- KELDERER M., TELFSEER J. (2015): *Utilizzo in frutticoltura delle reti polivalenti*, «Rivista di Frutticoltura», 4, pp. 54-55.
- LAKSO A.N. (1994): *Apple in Environmental physiology of fruit crops*, vol. I, *Temperate Crops*, Schaffer B and Andersen P.C. eds., Boca Raton, FL, pp. 3-42.
- LOSCIALE P. (2010): *Il pescheto asimmetrico: uno strumento di studio delle relazioni pianta-luce*, «Rivista di Frutticoltura», 7/8, pp. 56-63.
- LOSCIALE P., CHOW W.S., CORELLI GRAPPADELLI L. (2010): *Modulating the light environment with the peach "asymmetric orchard": effects on gas exchange performances, photoprotection, and photoinhibition*, «Journal of Experimental Botany», 61 (4), pp. 1177-1192. (doi 10.1093/jxb/erp387).
- LOSCIALE P., MANFRINI L., MORANDI B., PIERPAOLI E., ZIBORDI M., STELLACCI A.M., SALVATI L., CORELLI GRAPPADELLI L. (2015): *A multivariate approach for assessing leaf photoassimilation performance using the J_{PL} index*, «Physiologia Plantarum», 154, pp. 609-620.
- MANFRINI L., CORELLI GRAPPADELLI L. (2008): *Frutticoltura di precisione: applicazione dell'analisi spaziale nella gestione delle pratiche colturali*, «Rivista di Frutticoltura», 12, pp. 24-28.
- MANFRINI L., MORANDI M., ZIBORDI M., LOSCIALE P., PIERPAOLI E., BASTIAS R., TAYLOR J.A., CORELLI GRAPPADELLI L. (2011): *Melicoltura di precisione: analisi spaziale del carico produttivo in relazione al diradamento dei frutti*, «Rivista di Frutticoltura», 11, pp. 38-42.
- MANFRINI L., PIERPAOLI E., TAYLOR J.A., MORANDI B., LOSCIALE P., ZIBORDI M., CORELLI GRAPPADELLI L., BASTÍAS R.M. (2012): *Precision fruit growing: How to collect and interpret data on seasonal variation in apple orchards*, in «Acta Horticulturae», ISHS, Leuven (Belgio), 932, pp. 461-470.
- MANFRINI L., PIERPAOLI E., ZIBORDI M., MORANDI B., MUZZI E., LOSCIALE P. AND CORELLI GRAPPADELLI L. (2015): *Monitoring strategies for precise production of high quality fruit and yield in apple in Emilia-Romagna*, in *Chemical Engineering Transactions*, Vol 44, pp. 301-307 DOI: 10.3303/CET1544051.
- MARINI R.P., CORELLI GRAPPADELLI L. (2006): *Peach orchard systems*, «Hortic. Review», 32, pp. 63-109.
- MUSACCHI S. (2011): *Training system and management for a high density orchard of Abbé Fétel*, in «Acta Horticulturae», ISHS, Leuven (Belgio), 909, pp. 225-240.

- NERI D., GIOVANNINI D., MASSAI R., DI VAIO C., SANSAVINI S., DEL VECCHIO G.L., GUARINO F., MENNONE C., ABETI D., COLOMBO E. (2010): *Efficienza produttiva e gestionale dell'albero e degli impianti di pesco: confronto fra aree geografiche*, «Italus Hortus», 5, pp. 71-78 e «Rivista di Frutticoltura», 7/8, pp. 16-26.
- NERI D., MURRI G., MASSETANI F., ENDESHAW S.T., FOSCHI S., BATTELLI T., CASELLARI L., SGARBI P. (2015): *Valutazione agronomica e sostenibilità di impianti di pesco*, in «Notiziario Tecnico CRPV», 87, pp. 7-14.
- NERI D., SANSAVINI S. (2012): *Principi teorici dell'allevamento e risposte fisiologiche della potatura*, in *Arboricoltura Generale*, Patron Editore, Bologna, pp. 333-365.
- PALMER J.W. (1981): *Computed effects of spacing on light interception and distribution within hedgerow trees in relation to productivity*, in «Acta Horticulturae», ISHS, Leuven (Belgio), 114, pp. 80-88.
- PALMER J.W. (1986): *Seasonal variation of light saturated photosynthetic rate of "Golden Delicious" apple leaves as influenced by leaf type and crop load*, in *The regulation of photosynthesis in fruit trees*, Lakson A.N. and Lenz F. eds, Geneva, NY, USA, pp. 30-33.
- PALMER J.W. (2002): *Effect of spacing and rootstock on the performance of Comice pear in New Zealand*, in «Acta Horticulturae», ISHS, Leuven (Belgio), 596, pp. 609-614.
- PALMER J.W. (2014): *Physiology to enhancing productivity and fruit quality at Cornell 2014*, in *Depth Fruit School on Physiological principles and their application to fruit production*, Cornell Univ., Geneva, pp. 14-53.
- PALMER J.W., HARKER F.R., TUSTIN D.S., JOHNSTON J. (2010): *Fruit dry matter concentration: a new quality metric for apples*, «J. Sci. Food Agric.», 90, pp. 2586-2594.
- SANSAVINI S. (1996): *Fattori di controllo della qualità dei frutti*, Seminari di studio "Ricerca RAISA e gestione sistemi di qualità in frutticoltura". CIA, Bologna 19/11/1996.
- SANSAVINI S., ERRANI A. (1988): *Frutticoltura ad alta densità: impianti, forte di allevamento e tecniche di potatura*, EdAgricole, Bologna, pp. 593.
- SANSAVINI S., CORELLI GRAPPADELLI L. (1991): *Canopy efficiency of apples as affected by microclimatic factors and tree structure*, in «Acta Horticulturae», ISHS, Leuven (Belgio), 322, pp. 69-78.
- SANSAVINI S., MUSACCHI S. (1994): *Canopy architecture, training and pruning in the modern european pear orchards: an overview*, Sixth International Symposium on Pear Growing. Medford, Oregon, USA, July 12-14, 1993, in «Acta Horticulturae», ISHS, Leuven (Belgio), 367, pp. 152-172.
- SANSAVINI S., CORELLI GRAPPADELLI L. (1997): *Yield and light efficiency for high quality fruit in apple and peach high density plantings*, in «Acta Horticulturae», ISHS, Leuven (Belgio), 451, pp. 559-568.
- SANSAVINI S., MUSACCHI S. (2000): *Nuovi impianti di pero: densità, portinnesti e forme d'allevamento*, «Rivista di Frutticoltura», 9, pp. 84-94.
- SANSAVINI S., NERI D. (2005): *Forme di allevamento e potatura del pesco*, in *Il Pesco*, a cura di C. Fideghelli e S. Sansavini, Ed. Agricole Il Sole 24 Ore, Bologna, pp. 115-144.
- SANSAVINI S., NERI D. (2012): *Potatura e forme di allevamento*, in *Manuale di Ortofrutticoltura*, a cura di S. Sansavini e P. Ranalli, MIPAAF - Ed. Agricole Il Sole 24 Ore, Bologna, pp. 112-141 e pp. 281-286.
- SANSAVINI S., DEL VECCHIO G., SORRENTI G. (2013): *"Potatura minima" nel fusetto libero del pesco senza periodo improduttivo*, «Rivista di Frutticoltura», 7/8, pp. 56-62.
- SANSAVINI S., CORELLI-GRAPPADELLI L., COSTA G., LUGLI S., MARANGONI B., TAGLIAVINI M., VENTURA, M. (1999a): *Ricostituzione degli impianti e revisione degli indirizzi produttivi della peschicoltura romagnola*, «Rivista di Frutticoltura», 3, pp. 8-20.

- SANSAVINI S., CORELLI-GRAPPADELLI L., MOTISI A. (1999b): *Modelli morfogenetici e fenoclimatici del ciclo di fruttificazione*, «Rivista di Frutticoltura», 3, pp. 81-85.
- SANSAVINI S., CORELLI-GRAPPADELLI L., COSTA G., TATTINI M., TOMBESI A. (1999c): *Energia radiante, scambi gassosi e riparto della sostanza secca*, «Rivista di Frutticoltura», 5, pp. 81-85.
- SANSAVINI S., CORELLI-GRAPPADELLI L., COSTA G., CARUSO T., DI MARCO L., INGLESE P., TOMBESI A. (1999d): *Rapporto fra centri di mobilitazione e allocazione del carbonio nei frutti*, «Rivista di Frutticoltura», 7-8, pp. 85-89.
- SANSAVINI S., CORELLI-GRAPPADELLI L., COSTA G., LUGLI S., MARANGONI B., TAGLIAVINI M., VENTURA, M. (2000): *Ricostituzione degli impianti e revisione degli indirizzi produttivi della peschicoltura romagnola*, in Atti XXIII Convegno peschicolo, Ravenna, 12-13 settembre 1997, pp. 62-74.
- SANSAVINI S., NERI D., INTRIERI C., TOMBESI A., CONTINELLA G., COSTA G., RAMINA A. (2012): *Impianti e forme di allevamento, potatura, controllo della fruttificazione e raccolta*, in *Arboricoltura Generale*, Patron Editore, Bologna, pp. 332-398.
- WUNSCHÉ J.N., FERGUSON I.B. (2005): *Crop load interaction in apple*, «Hortic. Reviews», 31, pp. 231-290.

Il punto di vista dell'impresa frutticola in Emilia-Romagna: quali obiettivi e quale ricerca

La frutticoltura emiliano-romagnola si è sempre distinta per l'elevato dinamismo e la costante capacità di aggiornarsi ed evolvere secondo i modelli tecnico-agronomici più avanzati che la ricerca scientifica, via via, ha proposto. Tutto ciò è stato favorito, oltre che dall'intraprendenza dei produttori, anche dalla felice combinazione di fattori interni ed esterni al sistema ortofrutticolo: le Scuole scientifiche di arboricoltura e frutticoltura industriale operanti sul territorio, sin dagli anni '60 del secolo scorso, hanno sempre saputo dialogare col mondo della produzione e, con largo anticipo rispetto ad altre aree, hanno suggerito e seguito l'evoluzione dei sistemi di impianto, delle tecniche di potatura, dei portinnesti, senza citare gli straordinari input sul fronte del miglioramento genetico.

Parallelamente, negli anni '80, di pari passo con la crescita del sistema produttivo, in Emilia-Romagna sono sorti importanti centri locali di sperimentazione che hanno enormemente contribuito alla diffusione delle innovazioni di processo e di prodotto, alimentando un circuito virtuoso ove ricerca, sperimentazione e assistenza tecnica hanno efficacemente operato in sinergia tra loro, favorendo l'adozione di tutte le tecnologie più innovative che nel mondo venivano a proporsi. Non di meno, l'ente pubblico ha ampiamente sostenuto l'implementazione di servizi di supporto alla produzione che hanno trovato nelle organizzazioni dei produttori una rete capillare di trasferimento del "know how", costituendo un modello di assistenza tecnica che è tuttora punto di riferimento in Italia.

Questo contesto ha determinato negli anni la crescita di un sistema frutticolo complesso, articolato, ma enormemente efficace, che per quarant'anni ha

* *Direttore Tecnico – Coop. Agrintesa – Faenza (Ra)*

saputo proiettarsi nel circuito commerciale internazionale con risultati entusiasmanti e standard quali-quantitativi straordinari.

Oggi però lo scenario in cui si muove l'impresa frutticola sta cambiando rapidamente: c'è un nuovo e difficile quadro economico che, a prescindere dalla crisi mondiale, impone valutazioni attente e rapide in termini di costi-reddittività; c'è un nuovo quadro bio-climatico in cui gli aspetti meteorologici, le avversità biotiche, l'uso delle risorse naturali devono essere affrontati secondo principi diversi; c'è, infine, un nuovo quadro sociale in termini di uomini, relazioni col consumatore, rapporti con l'ambiente circostante. Fare frutticoltura non è più solo la scelta di una nuova varietà o l'impostazione del sistema di impianto, bensì la definizione consapevole di una serie di vincoli interni ed esterni all'azienda nel cui ambito si deve incastrare un modello di lavoro efficiente e sostenibile, cui corrispondere un'equa remunerazione dei capitali investiti e degli input immessi nel processo produttivo.

IL CONTESTO ECONOMICO INFLUENZA LE SCELTE D'IMPIANTO

Il nuovo contesto economico-sociale in cui si muove la frutticoltura emiliano-romagnola, come tutta quella italiana, sta imponendo agli imprenditori alcune scelte obbligate che si riflettono sui modelli di impianto e sulla gestione del frutteto. I prezzi al ribasso che da alcuni anni vengono riconosciuti al prodotto, indipendentemente dalla sua qualità e origine, impongono di aumentare le rese per unità di superficie fino al livello massimo in cui la qualità della frutta si mantiene sui livelli richiesti dal mercato; solo in questa maniera è possibile realizzare una PLV sufficiente a ripagare i costi di impianto e coltivazione. Dall'altro lato, il tentativo è quello di ridurre i costi di produzione standardizzando le operazioni colturali e semplificando la gestione del frutteto. Il tutto si è tradotto nell'ultimo decennio nell'aumento della superficie media delle aziende e delle densità di impianto, nella rivisitazione delle forme di allevamento, nella meccanizzazione di alcune operazioni colturali (ad es. diradamento e potatura), nel supporto di servizi informatizzati per ottimizzare il controllo della fisiologia della pianta, generando quindi una difficile coniugazione fra modelli che necessitano di elevati input tecnologici e il bisogno di ridurre le spese di gestione e l'impatto sull'ecosistema.

In Emilia-Romagna, ormai in tutte le specie arboree da frutto si assiste a una generalizzata tendenza alla realizzazione di impianti intensivi, con preferenza verso forme di allevamento a fusetto alto (foto 1-4); sull'esempio di quanto avvenuto nell'ultimo decennio per le pomacee, anche per le



Foto 1-4 Esempi di nuovi frutteti in Emilia-Romagna con elevata densità di piantagione finalizzata alla massimizzazione delle rese e alla forte standardizzazione delle operazioni colturali. In senso orario: peri, susini, meli e ciliegi

drupacee si preferiscono densità che raggiungono o superano le 1.500-2.000 piante per ettaro, con le quali non sono difficili rese medie di 50 t/ha; si tende a creare pareti vegeto-produttive continue dove diventa ottimale l'impiego di piattaforme mobili di ultima generazione; l'obiettivo è quello di semplificare la gestione dell'impianto ottenendo la massima produttività della manodopera nelle fasi di diradamento, potatura e raccolta.

Questo sta anche delineando una netta demarcazione geografica che contravviene ad alcune "regole" che dominavano fino a qualche anno addietro: le aree collinari, considerate a ragione più vocate per determinate specie (es. albicocco, susino, ciliegio), stanno in realtà diventando le meno performanti perché più difficilmente si prestano ad adottare modelli di impianto "spinti" o intensivi; pure la ricerca varietale ha contribuito all'allargamento degli areali di coltivazione di alcune specie introducendo cloni ben adattabili anche a zone prima considerate difficili. Oggi, almeno in Romagna, la collina sembra più propensa alla riscoperta della viticoltura di qualità e/o al rilancio della



Foto 5-8 *La meccanizzazione delle operazioni colturali, laddove esistono adeguati supporti tecnologici, sta diventando presupposto per ridurre i costi di produzione e ottimizzare le rese del frutteto. Dall'alto a sinistra in senso orario: diradamento meccanico su pesco; potatura estiva meccanizzata su pesco; impollinazione forzata meccanizzata in un impianto di actinidia; carro raccolta con nastri agevolatori per il trasporto dei frutti*

coltivazione dell'actinidia dopo la “pausa di riflessione” dovuta all’esplosione della Psa, ma anche in tali situazioni la progettazione del vigneto e del frutteto segue regole ben precise in termini di disposizione della vegetazione, definizione del carico produttivo, criteri e tempi di potatura, rapporto quantità reale/qualità potenziale dei frutti. L’obiettivo resta comunque la riduzione dei costi di produzione parallelamente alla massimizzazione delle rese.

INNOVAZIONE TECNOLOGICA E SISTEMI DI IMPIANTO

I costi della manodopera, insieme alla sua sempre minore specializzazione, negli ultimi anni hanno riportato all’attenzione degli imprenditori alcune tecniche di gestione delle operazioni colturali che si basano sul ruolo ausiliario (rara-



Foto 9-9b Impianto del frutteto effettuato con l'utilizzo di un sistema meccanizzato di trapianto degli astoni; il sistema sfrutta tecnologie informatiche georeferenziate per il corretto posizionamento delle piante

mente esclusivo) della meccanizzazione (foto 5-8). Ecco perché da almeno un quinquennio, mediando dalle esperienze della melicoltura biologica del Nord Europa, il diradamento meccanico nelle drupacee (in particolare pesco, susino e albicocco) sta trovando consensi crescenti, grazie sia alla velocità di esecuzione, sia agli effetti positivi che genera sulla qualità dei frutti (soprattutto la pezzatura) conseguente alla precocità di intervento, che va dalla fase di piena fioritura a quella di pre-scamicatura. Un rapido, successivo passaggio manuale riduce a poche ore per ettaro il lavoro necessario per questa imprescindibile operazione di regolazione del carico produttivo, ma ancora più rilevante è l'effetto sull'uniformità del prodotto e, conseguentemente, sui tempi e le rese in fase di raccolta.

Anche la potatura meccanica, sia invernale che estiva, sta trovando nuovi spazi di applicazione, per merito di una rinnovata ricerca tecnologica che mette a disposizione sistemi e organi di taglio modulabili a seconda della specie, del periodo di intervento e delle condizioni vegeto-produttive del frutteto. I risultati sono spesso eccellenti in termini di efficacia degli interventi, tempi di esecuzione, impatto sulle rese e sulla qualità. Non meno rilevanti le evoluzioni operative e meccaniche che hanno riguardato le piattaforme di raccolta, gli agevolatori semoventi della raccolta con nastri trasportatori, per non citare, già nella fase di messa a dimora,

le attrezzature per il trapianto meccanizzato degli astoni supportato da sistemi informatizzati geo-referenziati (foto 9 a,b) o, ancora, le macchine per la gestione dell'impollinazione forzata (vedi l'esempio dell'actinidia, dove questa tecnica si è notevolmente diffusa a supporto dell'impollinazione naturale, talora difficoltosa).

Tecnologia informatica, elettronica e meccanica, quindi, entrano sempre di più nel frutteto, sia allo scopo di ridurre l'impiego di manodopera, sia, soprattutto, con l'obiettivo di ottimizzare nei tempi e nei modi alcune fasi della gestione agronomica che sono di fondamentale importanza. L'innovazione tecnologica, almeno in Emilia-Romagna, si è generata e si è sempre più diffusa, come tuttora avviene, grazie anche ad un tessuto produttivo e di servizio assai attento ai bisogni del settore ortofrutticolo, fatto di innumerevoli imprese che, dalla meccanica all'energia, dagli imballaggi ai trasporti, sono cresciute a fianco delle aziende frutticole, alimentandone l'evoluzione e il costante aggiornamento organizzativo, ma ricevendone in cambio risorse per fare crescita, occupazione e sviluppo.

UN NUOVO CONTESTO BIO-CLIMATICO

Tutto cambia, tutto si modifica: così come nell'impresa frutticola che deve evolvere in termini di prodotto e di processo, così anche nell'ambiente che ci circonda le situazioni edafiche mutano o diventano tali da imporre modificazioni gestionali e strutturali ai sistemi di impianto del frutteto. Ad esempio, l'introduzione di nuove varietà di nettarine con epidermide intensamente colorata o di nuove albicocche e susine con elevato tenore zuccherino in areali ove le precipitazioni estive non mancano, sta comportando il ricorso a coperture con film plastici "anti-acqua" per evitare lesioni alla buccia, al pari di quanto avviene già da tempo nel ciliegio per prevenire il "cracking" o, più recentemente, nel kiwi per ridurre i rischi di infezione da Psa.

Stiamo assistendo a un rapido e diffuso cambiamento degli "scenari" frutticoli: le materie plastiche stanno entrando prepotentemente nell'impostazione dei nuovi impianti (foto 10-13) con scopi di protezione nei confronti delle calamità atmosferiche, ma anche nei confronti di parassiti e patogeni, talvolta con la doppia funzione. Il quadro fitopatologico sta cambiando rapidamente, ma contestualmente si riducono le opzioni di difesa chimica a disposizione dei frutticoltori e i sistemi di impianto devono sapersi modificare di conseguenza. I recenti esempi della Psa sul kiwi e della *Drosophila suzukii* sul ciliegio sono emblematici, così come le crescenti preferenze accordate alle reti protettive anti-insetto (ad esempio il modello Alt'Carpo in uso su meleti e pereti) che rispondono sia



Foto 10-13 *Il largo impiego delle materie plastiche in frutticoltura oggi risponde a esigenze sia di natura meteorologica, sia di natura fitosanitaria. Dall'alto a sinistra in senso orario: reti antigrandine fotoselettive; kiwi coltivato sotto tunnel per la prevenzione degli attacchi di batteriosi; pereto protetto col sistema Alt'Carpo; ceraseto allevato sotto rete protettiva combinata anti-pioggia e anti-drosophila*

alle esigenze fitoiatriche dell'azienda, sia alla "sostenibilità" del sistema frutteto nel suo insieme.

Gli stessi eventi meteorologici avversi (gelo, grandine, vento) non sono più accettabili in quanto l'impatto su qualità e quantità del prodotto raccolto non è più sostenibile; il rischio di mancato reddito non è più contemplabile fra quelli che l'impresa può sostenere; l'instabilità del clima, i cambiamenti repentini o ciclici delle condizioni meteorologiche (siccità/eccesso di pioggia, danni da pioggia/danni da sole, carenze idriche/ristagni prolungati) impongono una certa elasticità strutturale e gestionale dell'impianto verso la quale non sempre si è preparati. Ad esempio, nei frutteti di nuova concezione la doppia ala gocciolante lungo il filare è diventata indispensabile quando le precipitazioni scarseggiano per molto tempo; analogamente vediamo il "ritorno" all'irrigazione sovrachioma, in combinazione con quella sottochioma, con funzione climatizzante (talvolta anche per distribuire fitofarmaci) nelle

annate più calde o nel caso di rischi di gelate tardive; l'impianto superficiale ("alto"), con evidente baulatura lungo i filari, invece, è diventata pratica diffusa per favorire la superficialità dell'apparato radicale, limitarne i danni in caso di eccessi d'acqua e favorire lo sgrondo nell'interfilare.

Oggi il nuovo frutteto si basa su modelli costruttivi ad alta tecnologia, che impongono costi di investimento elevati, cui devono corrispondere rese sufficientemente rapide e commisurate. Deve pertanto disporre di ogni mezzo necessario al raggiungimento di tali obiettivi; deve poter contare su risorse naturali (in particolare l'acqua) che, seppur non rinnovabili e non illimitate, non possono venire a mancare. Efficienza gestionale, supporti modellistici e previsionali, dotazioni tecnologiche d'avanguardia sono i tre punti su cui si devono coniugare le esigenze di sostenibilità, economicità e resilienza dei moderni sistemi d'impianto in frutticoltura.

SOSTENIBILITÀ E SUPPORTI TECNICO-SCIENTIFICI

Anche il contesto sociale muta rapidamente; oggi il consumatore vuole sapere come è stato prodotto ciò che acquista, pretende di conoscere l'impatto sociale dei processi di lavorazione, studia con sempre maggiore attenzione attraverso i media e i "social network" il ruolo dell'ambiente e della sua salvaguardia sulla salute e sul benessere dell'uomo. Quanto più queste nuove, giuste pretese diventano determinanti nell'approccio col mercato, tanto più diventano prioritarie se ad essere in gioco sono i prodotti agro-alimentari, considerato il loro ruolo diretto nella dieta e, quindi, nel contesto di una sana alimentazione.

Il frutteto, pertanto, deve diventare "ecologico", in equilibrio con l'ambiente, talora sinonimo di "area verde", in grado di fornire elementi funzionali alla salute. Il mercato e la distribuzione, in quanto primi interlocutori dei consumatori, chiedono di certificare i processi di produzione e di attestarne la rispondenza, documentando la "performance ambientale" in termini di uso del suolo e dell'acqua, di emissione di CO₂, di riduzione dei rischi di inquinamento. Di tutto questo si dovrà tenere sempre più conto nel fare frutticoltura ed è pertanto inevitabile che i sistemi arborei da frutto nella loro nuova concezione debbano porre sempre maggiore attenzione alle nuove tecnologie gestionali (foto 14-15).

Il monitoraggio agro-meteorologico, l'uso dei satelliti, informatica e robotica stanno diventando determinanti; i modelli previsionali per gestire la difesa fitosanitaria sono ormai di uso corrente, ma restano un presupposto

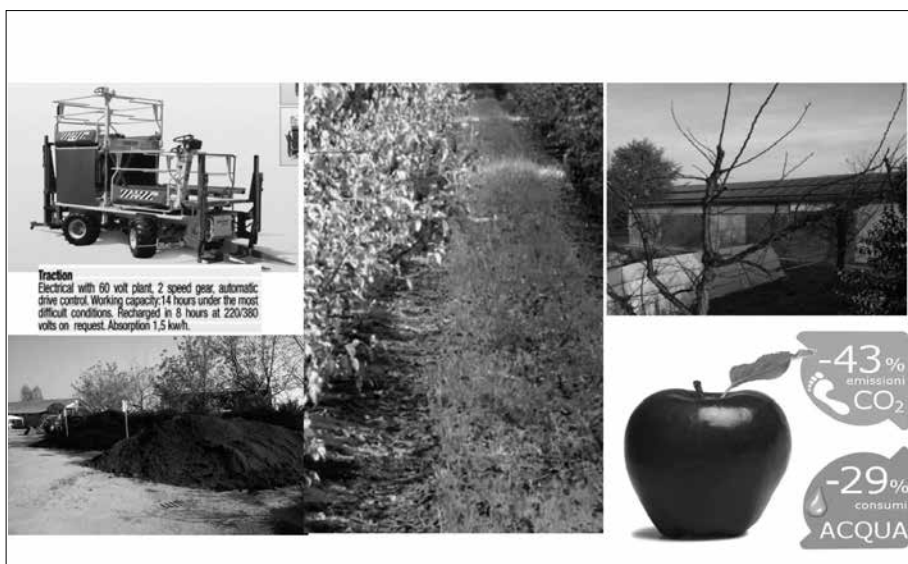
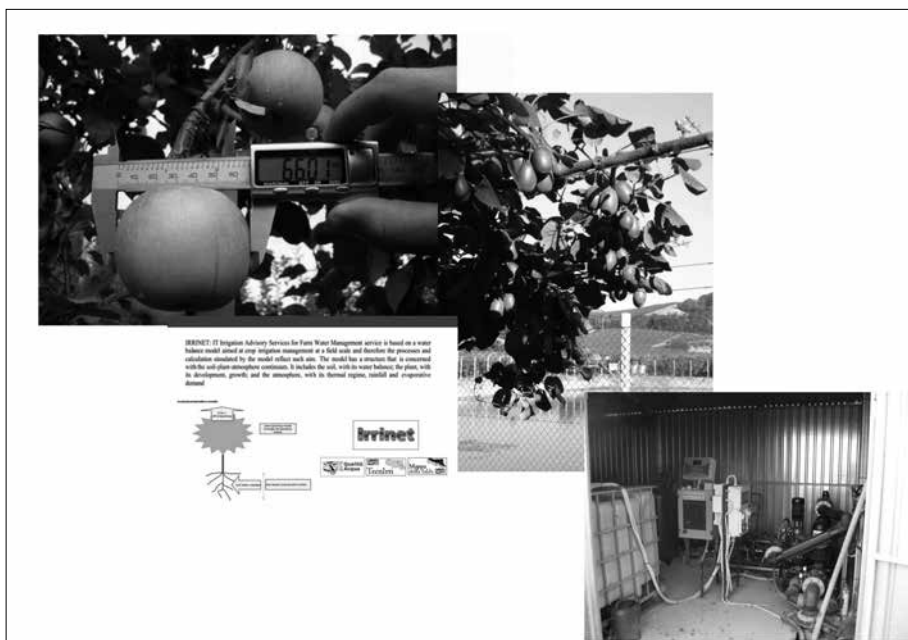


Foto 14-15 *La società vuole sapere come si produce, pretende “sostenibilità” e nuove attenzioni nell’impiego delle risorse naturali. Il frutteto deve diventare «ecologico», in equilibrio con l’ambiente. Le tecniche agronomiche e di gestione devono evolvere di conseguenza*

sostanziale; i piani di concimazione e i bilanci nutrizionali dovranno sempre più dipendere dal supporto delle carte dei suoli e delle zonazioni territoriali; la frutticoltura di precisione dovrà fornire elementi conoscitivi in corso d'opera per orientare e ottimizzare la gestione agronomica; la ricerca genetico-varietale si dovrà "adattare" ai nuovi bisogni di tutti i soggetti della filiera.

I fabbisogni di ricerca delle imprese sono tutti concentrati in questi elementi distintivi, pochi all'apparenza, ma strategici per garantire continuità a se stesse, sicurezza ai consumatori, sostenibilità all'ambiente. Senza la contemporanea presenza delle tre condizioni predette è difficile ipotizzare il futuro di un'ortofrutticoltura specializzata, industriale e di qualità ed è pertanto su questi punti che vanno indirizzati tutti gli sforzi istituzionali di settore: dalla ricerca scientifica alla politica delle incentivazioni, dalla programmazione economica al mantenimento della socialità del ruolo dell'imprenditore agricolo.

RIASSUNTO

Il contesto economico-sociale muta rapidamente, così come il quadro agronomico e tecnologico in cui si muove la frutticoltura specializzata. I nuovi sistemi di impianto, pertanto, devono saper coniugare gli aspetti "ecologici", di equilibrio con l'ambiente, con una sempre maggiore attenzione alle nuove tecnologie gestionali. Monitoraggio agro-meteorologico, impiego di informatica e robotica, meccanizzazione e modellistica (che in una sola parola si traducono in "precision farming") diventano sempre più un presupposto sostanziale per fornire elementi conoscitivi utili a orientare e ottimizzare la gestione agronomica. Con loro, la ricerca genetico-varietale si dovrà "adattare" ai nuovi bisogni di tutti i soggetti della filiera. Senza la contemporanea presenza delle suddette condizioni risulta difficile ipotizzare il futuro di un'ortofrutticoltura specializzata e di qualità e su questi aspetti sono chiamate a riflettere e intervenire le Istituzioni competenti.

ABSTRACT

Actual economic and social context changes rapidly, as well as the agronomic and technological context in which the fruit production moves. The new planting systems, therefore, must be able to combine "ecological" balance aspects with the environment, with an increasing emphasis on new technologies management. Agro-meteorological monitoring, use of computer science and robotics, mechanization and modeling (which in one word translates into "precision farming") becoming more and more an essential prerequisite to provide relevant information useful to guide and optimize agronomic management. With them, the fruit breeding programs will have to "adapt" to the new needs of all the chain actors. Without the simultaneous presence of these conditions, it is difficult to imagine the future of specialized and quality oriented horticulture and the competent Institutions are called to reflect and act about these aspects.

Coniugare produttività, efficienza e qualità: una questione di precisione

INTRODUZIONE

La frutticoltura di precisione (precision horticulture) è una forma di coltivazione tecnologicamente avanzata, basata sulla conoscenza dettagliata e in tempo reale di parametri biologici, fisici e climatici relativi al frutteto che consentono di ottimizzare le operazioni colturali e gli apporti di mezzi tecnici (diradamento, applicazione di fertilizzanti, irrigazione). È opportuno parlare di frutticoltura di precisione in quanto essa presenta numerose specificità legate alla chioma tridimensionale e non omogenea nelle sue componenti delle piante da frutto, alla loro non uniforme distribuzione sul terreno, alla maggior parte delle operazioni colturali che sono scarsamente meccanizzabili, quali potatura, diradamento e raccolta. Altre caratteristiche specifiche della frutticoltura di precisione sono la necessità di effettuare raccolte ripetute per poter aumentare al massimo la qualità organolettica del prodotto e l'assoluta importanza di preservare la massima qualità a livello di singolo frutto, poiché la totale assenza di imperfezioni e difetti è un requisito indispensabile per la commercializzazione di queste derrate alimentari, che avviene appunto per singolo o pochi frutti per confezione, e non in quantità come per i cereali o anche l'uva da vino.

Gli strumenti di conoscenza dedicati alla frutticoltura di precisione devono dunque essere pensati "ad hoc", per permettere di rispettare le specificità sopra elencate, che non devono essere compromesse, pena la perdita di qualità e di valore del prodotto. Sono necessarie analisi geostatistiche sviluppate ad hoc per queste colture (Manfrini et al., 2009a), che sono disposte sul territo-

* Dipartimento di Scienze Agrarie, Università di Bologna

rio secondo distribuzioni discrete, dettate dai sestì di impianto; metodologie di campionamento e raccolta dei dati in campo che tengano conto dello sviluppo e della complessità tridimensionale della chioma, al cui interno i frutti non sono distribuiti in modo uniforme; sensori (che devono essere efficaci ma a costo contenuto) in grado di misurare i parametri desiderati (ad es. il diametro dei frutti da remoto, o il conteggio di tutti i frutti, compresi quelli situati all'interno della chioma e quindi invisibili). Infine, anche i modelli matematici che si possono utilizzare nell'analisi di questi dati devono tenere conto degli aspetti caratteristici delle singole specie: la fisiologia di crescita del frutto di mela è assai diversa da quella della pesca e i modelli che descrivono questo fenomeno sono di conseguenza assai diversi per le due specie. Infine, sono solo agli inizi le applicazioni di intelligenza artificiale e di analisi "big data" in questo campo, ma è facile prevederne una vera e propria esplosione nei prossimi anni.

IL CONTRIBUTO DELLA FISIOLOGIA

La fisiologia è in grado di contribuire in modo significativo al progresso della frutticoltura di precisione: introducendo nuove conoscenze di base, apre scenari non ancora esplorati. Gli studi di fisiologia sono caratterizzati da elevata interdisciplinarietà e prendono in considerazione un numero sempre maggiore di fattori che influenzano la produzione, anche perché essi sono sempre più facili da misurare, e verosimilmente lo saranno ancor più in futuro (es. marcatori fisiologici rilevabili con semplici kit molecolari). Sono inoltre disponibili in numero crescente modelli matematici capaci di descrivere fenomeni complessi e di effettuare previsioni circa l'andamento futuro di questi fenomeni con una solidità crescente.

Tra le criticità legate all'applicabilità delle conoscenze fisiologiche, le più importanti da annoverare sono il numero ristretto di specie studiate (melo e pesco tendono a farla da padrone) e la mancanza di soluzioni tecnologiche adeguate per un trasferimento su larga scala di acquisizioni sperimentali ormai consolidate. Si può a questo proposito citare il caso delle analisi di immagini ormai molto avanzate nella capacità di discriminare e riconoscere gli oggetti inquadrati, ma tuttavia limitate nella loro trasferibilità alla pratica di campo dal semplice fatto che le chiome nascondono le proprie parti interiori con quelle più esterne, rendendo ancora impossibili stime accurate della numerosità dei frutti per pianta attraverso questa tecnologia.

UN ESEMPIO PRATICO: GESTIONE PRECISA DELLA PRODUTTIVITÀ DELLE CHIOME

In questo settore ormai sono disponibili agli agricoltori approcci ex-ante ed ex-post. Tra i primi si può innanzitutto annoverare la possibilità di un controllo del numero dei punti di fruttificazione (e quindi del carico di frutti) a partire già dalla potatura, con la pratica della “bud-extinction” (Lauri et al., 1997), operazione della fase di allevamento dell’albero mirante a lasciare un carico di gemme miste commisurato alle dimensioni della branca e mantenere così la qualità dei frutti e la regolarità di fruttificazione. Si può già considerare come una misura di frutticoltura precisa anche l’adozione di sistemi di allevamento che prevedono un numero di punti di fruttificazione basso, perché limitato dalla forma stessa, come nel caso del sistema UFO proposto per il ciliegio, o le Y strette per consentire il passaggio di robot (Rover) con a bordo sensori che includono distanziometri laser e fotocamere multispettrali ad alta risoluzione (Hung et al., 2013). Infine, fanno parte di questo approccio anche i moderni fusetti introdotti negli ultimi 10 anni nella coltura delle drupacee, in cui ormai il carico di frutti è determinato in funzione del numero di rami a frutto che vengono lasciati con la potatura. In tutti questi casi si opera con l’obiettivo di indirizzare con il maggior anticipo possibile (nella stagione) l’attività riproduttiva dell’albero verso un numero di frutti il più vicino possibile a quello ottimale, per ridurre al massimo il peso e il costo del diradamento successivo.

Da un punto di vista “ex-post”, la verifica dell’efficacia del controllo del carico di frutti è affidata allo studio delle formazioni fruttifere da cui proviene il prodotto e all’impatto che questo ha sulla qualità organolettica del prodotto, creando un link dal frutteto al resto della catena (Noferini et al., 2009). È infine possibile disporre di mappe delle dimensioni, del grado di maturazione, del contenuto in solidi solubili e altre ancora, ancorate a riferimenti geospaziali che permettono di gestire il frutteto sulla base delle specifiche performance produttive acquisite negli anni precedenti (Manfrini et al., 2009b).

Oggi è inoltre possibile attuare un controllo preciso della fruttificazione in tempo reale. Una volta ottenuto attraverso il diradamento un carico di frutti ritenuto ottimale, è possibile verificare se ciò sia vero monitorando, con rapidi e semplici protocolli operativi, la performance di crescita del frutto (Manfrini et al., 2015). Si possono conoscere e stimare parametri quali la velocità di crescita accumulata fino al momento della misura; le dimensioni a una data di raccolta di riferimento (basata sulla media degli anni precedenti); la distribuzione in classi di pezzatura alla raccolta. Questi dati permettono di valutare in tempo reale le performances produttive dello specifico frutteto e,

se necessario, di modificarne i parametri di coltivazione (tipicamente; l'irrigazione), o di abbassarne ulteriormente il carico di frutti, per correggere eventuali situazioni problematiche (www.hkconsulting.it). Queste previsioni sono disponibili per melo e pero a livello commerciale, mentre per drupacee e kiwi la situazione è leggermente più arretrata. Occorre sottolineare che si tratta di due strumenti, rivolti a una diversa utenza: le previsioni di pezzatura media alla raccolta servono al frutticoltore per modificare la gestione del frutteto, se necessario; la previsione della distribuzione in classi di pezzatura alla raccolta è invece di grande valore per gli uffici commerciali delle cooperative, o delle strutture che vendono il prodotto. Conoscendo in anticipo la tipologia di pezzature e referenze disponibili, infatti, consente di avviare le campagne commerciali più appropriate con il maggior anticipo.

MODELLI FISIOLÓGICI A SOSTEGNO DI SISTEMI ESPERTI

Negli ultimi 20-30 anni, la potenza di calcolo a disposizione, e la disponibilità di software di programmazione sempre più performanti, ma di semplice utilizzazione, hanno permesso di mettere a punto modelli meccanicistici di previsione dello sviluppo dei frutti che sono dotati di notevole robustezza e accuratezza. Questi algoritmi sono evoluti da modelli empirici proposti in alcuni casi diverse decadi fa, di cui nel frattempo altri studi di fisiologia hanno permesso di comprendere i fondamenti scientifici. Per esempio, nel caso delle pomacee, Lakso et al. (1995) hanno proposto un modello espolineare per descrivere la crescita in termini di peso (fig. 1), che mette in evidenza l'importanza della fase di divisione cellulare (fino a circa 50-60 giorni dopo la piena fioritura) per stabilire il potenziale di crescita del frutto (basato sul numero totale di cellule presenti nel pericarpo del falso frutto), potenziale che si può poi realizzare o meno durante la successiva fase di espansione cellulare, a seconda delle condizioni di stress che si verranno a determinare. Il lavoro che propose questo modello non ne fornì una spiegazione fisiologica, anche se si metteva in evidenza il significato "fisiologico" attribuito ai tre parametri del modello, ma successivi studi hanno permesso per lo meno di fornire un'ipotesi (vedi sotto). Comunque, a dispetto del suo "empirismo", la solidità di questo modello si è rivelata tale da permettere di derivarne applicazioni per effettuare previsioni di crescita su scala commerciale nel melo e nel pero.

Per le pesche, DeJong e Goudriaan (1989) proposero il modello log-lineare della velocità di crescita relativa (RGR: g di crescita per grammo di frutto al giorno) che postula che, nella fase di espansione cellulare (fase 3-4), questo

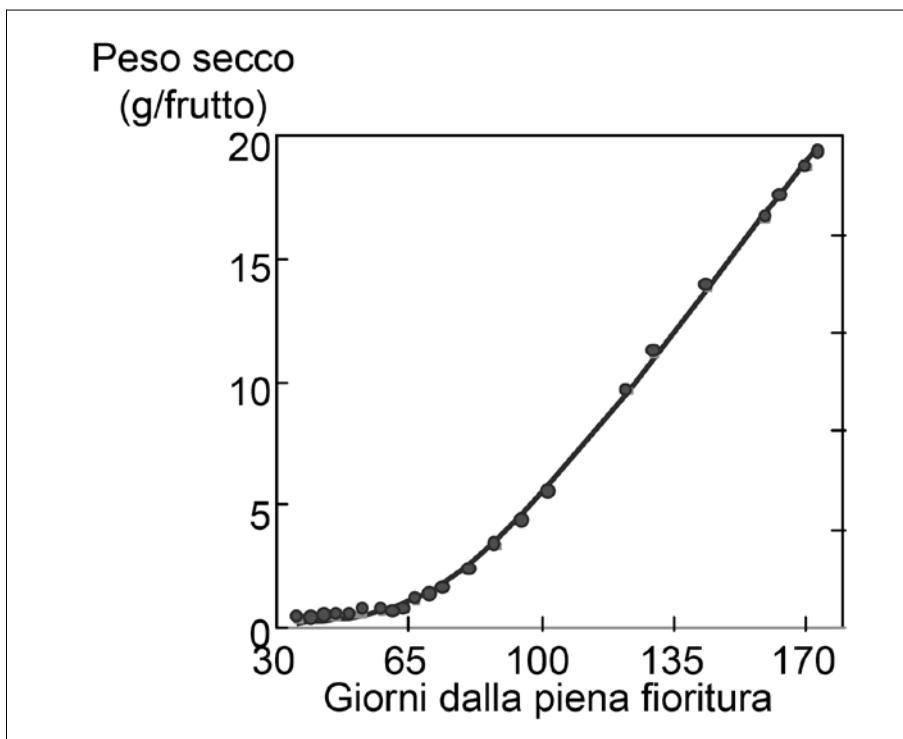


Fig. 1 *Andamento espolineare della crescita del frutto di melo espressa in termini di peso secco. Ad una prima fase di crescita esponenziale (divisione cellulare) segue una crescita lineare (espansione cellulare)*

frutto cresca con un'accelerazione costante (fig. 2). Anche qui, dalle osservazioni che permisero la formulazione di un modello empirico, attraverso gli studi di fisiologia relativi ai flussi vascolari che sostengono la crescita del frutto, si è giunti a modelli meccanicistici di previsione delle dimensioni alla raccolta che hanno una notevole solidità. Appare dunque appropriato fornire alcuni elementi di conoscenza relativi alla fisiologia dei flussi vascolari che permettono la crescita ponderale dei frutti di queste specie.

LA CRESCITA È IL RISULTATO DI UN BILANCIO DI FLUSSI VERSO E DAL FRUTTO

Pur senza negare l'importanza dei meccanismi ormonali e di competizione tra organi in attiva crescita che determinano la durata e l'intensità della crescita dei frutti, da un punto di vista ponderale, tutti i frutti crescono

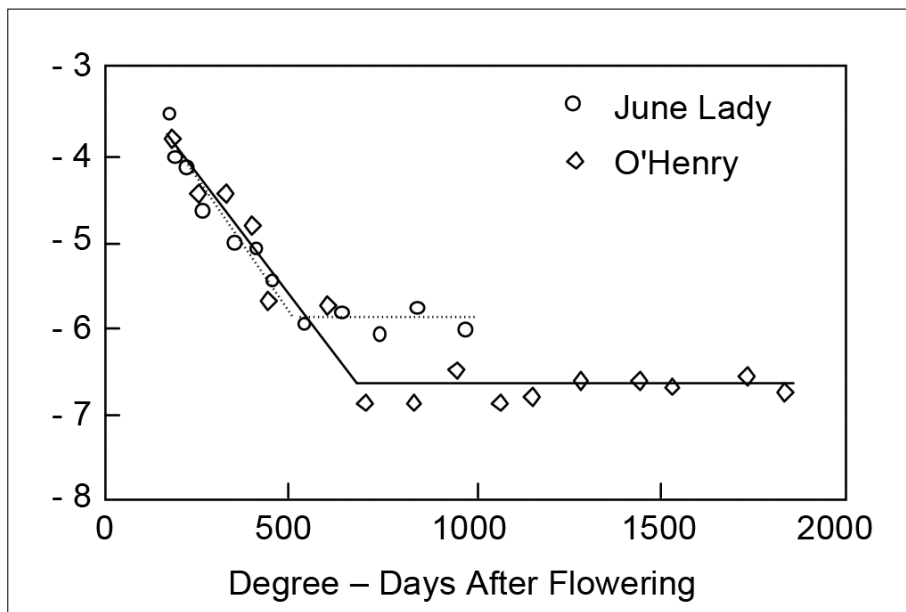


Fig. 2 Andamento del “Relative Growth Rate” di pesche a diversa epoca di maturazione in funzione del tempo, espresso come sommatoria termica. (Da DeJong e Goudriaan, 1989)

grazie a un bilancio di flussi in entrata e in uscita dal frutto stesso (Fishman e Génard, 1998). In prima approssimazione si può dire che, per crescere, i frutti devono traspirare, ossia perdere acqua attraverso l’epidermide, con processi di scambio gassoso riconducibili alla traspirazione fogliare. Questo permette un abbassamento del potenziale di pressione del frutto che facilita influssi attraverso il sistema floematico e xilematico (Morandi et al., 2010). La traspirazione dipende da fattori genetici legati alla specie, quali le caratteristiche anatomiche dell’epidermide del frutto, e da fattori ambientali, come il grado di secchezza dell’aria, che ne determina la capacità di richiedere acqua ai frutti (Jones and Higgs, 1982). Il flusso xilematico è legato alle caratteristiche di conducibilità dei vasi xilematici (determinate geneticamente e che possono variare durante la stagione), nonché alle condizioni di idratazione della pianta e al momento della giornata (che dipendono dall’ambiente). Nelle ore più calde del giorno infatti, può accadere che la domanda d’acqua da parte delle foglie sia così alta da richiamare acqua dai frutti attraverso lo xilema (Lang, 1990). Il floema infine, contribuisce all’aumento in peso e diametro del frutto sia in termini di acqua che di carboidrati, che permettono alle cellule di accrescersi con la produzione di nuove componenti cellulari (parete, organelli, ecc.), e di richiamare altra

acqua dallo xilema, grazie ai carboidrati solubili importati che rendono più negativo il potenziale di pressione del frutto. I meccanismi di trasporto di carboidrati dal floema al frutto (scaricamento floematico) sono essenzialmente due: uno passivo, che avviene grazie a un gradiente di concentrazione o di potenziale idrico e per questo non richiede energia metabolica (dunque passivo); uno mediato da trasportatori di membrana che scaricano carboidrati dal floema nelle cellule del parenchima del frutto consumando energia metabolica (per questo si definisce attivo) (Patrick, 1997).

Pur senza entrare in eccessivo dettaglio, si può dire che la mela è un frutto dotato di un meccanismo di scaricamento attivo durante tutta la sua crescita (Zangh et al., 2004), che poggia sulla capacità delle cellule parenchimatiche del frutto di scaricare carboidrati contro gradiente, consumando ATP. La mela è caratterizzata durante la stagione da un'attività traspiratoria progressivamente decrescente, che arriva a valori molto bassi in prossimità della raccolta, mentre la connessione xilematica tra albero e frutto viene persa assai presto nella vita del frutto, che resta così dipendente dall'albero solo attraverso il floema (Lang, 1990). Queste conoscenze permettono di capire come mai la mela sia un frutto che cresce linearmente in peso durante la fase di distensione cellulare. Infatti, poiché il numero di cellule parenchimatiche in questa fase è fissato (la citochinesi è cessata), se si assume che il numero di trasportatori per cellula sia fissato, e che la loro attività sia relativamente costante, laddove i livelli di carboidrati nel floema non siano eccessivamente variabili, si potrebbe descrivere la crescita come:

$$\text{Crescita} = N.\text{Cell.} \times N.\text{Trasp.}/\text{Cell.} \times \text{Attività Trasp.}$$

Le conoscenze relative ai flussi vascolari del pesco (Morandi et al., 2007; 2010) hanno messo invece in evidenza che questa specie dipende fortemente dalla traspirazione epidermica per il proprio sviluppo, e che la funzionalità xilematica non è mai compromessa durante la stagione di crescita. Queste informazioni permettono di formulare ipotesi meccanicistiche della crescita del frutto di questa drupacea, che è caratterizzato da una accelerazione costante (come indicato nel 1989 da DeJong e Goudriaan) e quindi da una velocità di crescita in costante aumento. Uno dei fattori che guida la crescita è rappresentato dalla traspirazione dell'epidermide; poiché la superficie dell'epidermide aumenta in funzione del quadrato del raggio, ogni giorno la superficie aumenta di un valore superiore a quello del giorno prima. Poiché però il peso del frutto è funzione della terza potenza del raggio, il suo incremento è ancora maggiore, e ogni giorno la crescita supera quella del giorno precedente (fig.

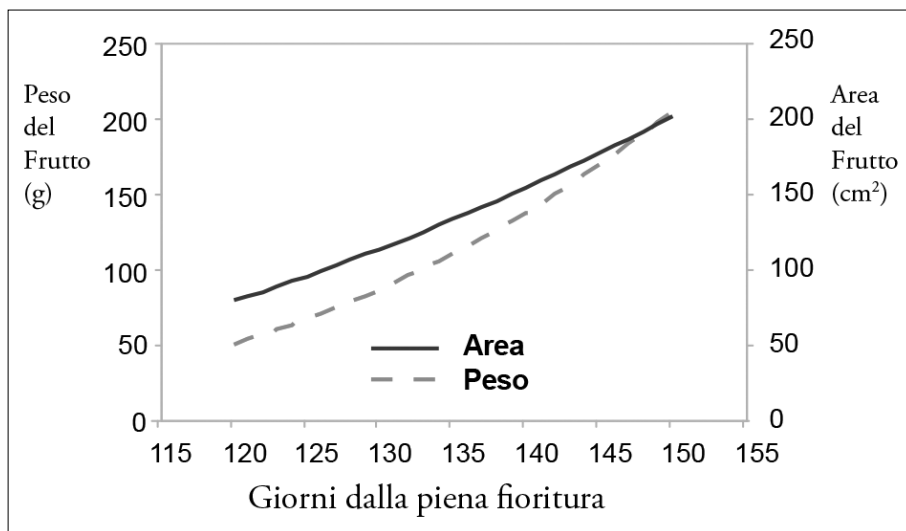


Fig. 3 Superficie e volume di un frutto di 50 mm di diametro che cresce 1mm al giorno durante la fase di espansione cellulare. La progressione del peso è più rapida perchè funzione della terza potenza del raggio del frutto stesso

3). Il vantaggio è tanto maggiore quanto più è tardiva la varietà considerata. Per massimizzare la produttività di questa specie diventa quindi alquanto importante una definizione corretta e accurata della data di raccolta, in quanto per una cultivar di media maturazione con una produttività di 30 t/ha un giorno in più sulla pianta può corrispondere a oltre mezza tonnellata per ettaro di maggiore produzione.

UNO SGUARDO AL FUTURO

Da alcuni anni ormai si registrano sviluppi molto interessanti verso l'introduzione di sistemi di coltivazione automatizzata, e sistemi di rilevazione precisa di parametri necessari per l'implementazione di protocolli di frutticoltura di precisione quali quelli più sopra accennati. Questi progressi sono resi possibili dall'aumento esponenziale del potere di calcolo dei computer e dei linguaggi di programmazione, che consentono applicazioni, soprattutto nel settore di analisi delle immagini, a dir poco mirabolanti. A titolo di esempio, si citano studi in cui sono implementati algoritmi in grado di capire se siano stati inquadrati due o più frutti parzialmente sovrapposti, e ancora caratterizzati da un colore verde su sfondo verde del fogliame (Hung, 2013).

Nel primo caso si tratta di macchine o sistemi di coltivazione altamente automatizzati, per riuscire a coltivare terreni marginali o con problematiche fisico-chimiche come scarsa fertilità o addirittura contaminazione radioattiva, come nel caso di molte zone interessate dal fall-out della centrale di Fukushima nel 2011, che ha reso inutilizzabili decine di migliaia di ettari di terreno, sui quali stanno sorgendo serre in coltura idroponica di ortaggi e piccoli frutti completamente automatizzate. Un altro esempio è il recupero di cave e altre realtà con terreni marginali, in cui robot si sostituiscono all'uomo in fasi particolarmente difficili o faticose della coltivazione di piante da frutto o ornamentali in vaso. In queste applicazioni prevale un approccio di controllo "totale" del processo di produzione, con sensori che monitorano lo stato delle piante e guidano di conseguenza gli impianti di fertirrigazione, l'intensità dell'illuminazione, ecc.

L'altra grande rivoluzione tecnologica riguarda l'implementazione di sistemi automatici di rilevazione del numero e posizione nel frutteto e nell'albero di fiori e frutti, o di altri parametri, come le dimensioni del tronco a un'altezza dal terreno predefinita. Questi sistemi sono generalmente di due tipi: rover e droni. I primi sono veicoli terrestri semoventi, in grado di trasportare un numero elevato di sensori delle caratteristiche degli alberi e del suolo. I rover sono in genere completamente indipendenti, non avendo bisogno di presenza umana alla guida, anche da remoto, perché si muovono seguendo un "piano di volo" precaricato sui dispositivi di guida automatica. Lo stesso si può dire per i "droni" o UAV (unmanned aerial vehicles), che sono velivoli ad ala fissa o rotante, di dimensioni variabili, fino a oltre un metro, capaci di trasportare un carico utile di alcuni chilogrammi. Qualunque sia il vettore prescelto, questi veicoli sono in grado di fornire mappe georeferenziate dei parametri misurati, permettendo di conoscere le potenzialità produttive del frutteto nelle sue diverse parti, e fornendone anche la spiegazione, grazie alla messe di parametri che possono venire misurati. Anche se potenzialmente in grado di promuovere un grande progresso nella conoscenza delle caratteristiche del frutteto, tuttavia, questi sistemi sono ancora in una fase di sviluppo, e mancano ancora buoni esempi di interazione tra ingegneri e sistemisti da una parte, e fisiologi e "coltivatori" dall'altra. È però facile prevedere sviluppi positivi di queste tecnologie nel prossimo futuro. Reti "wireless" sono già implementate, almeno a livello sperimentale, costituite da una serie di nodi di rete collegati tra loro, e ai quali si possono collegare sensori provvisti di cavi, come per esempio fruttometri. Normalmente, uno dei nodi è dotato di un modulo di comunicazione

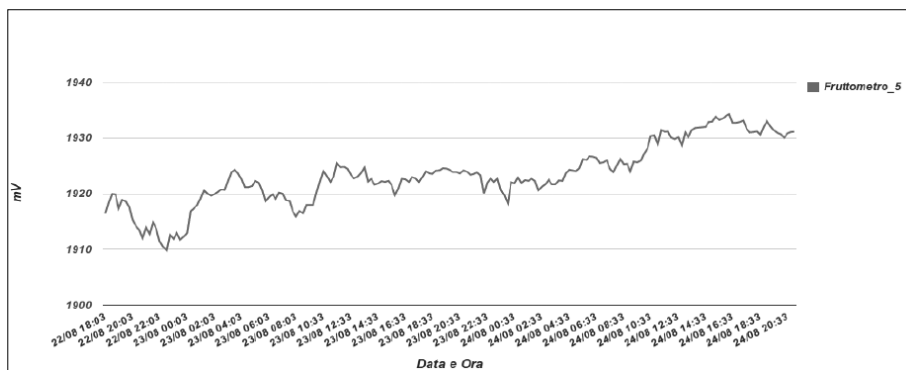


Fig. 4 *Andamento della crescita di un frutto costantemente monitorata grazie a un fruttometro connesso ad Internet grazie ad una rete wi-fi da campo, interrogabile da remoto*

fonia-dati (SIM) che ne consente il controllo e il recupero dati attraverso Internet. La figura 4 riporta appunto un esempio di monitoraggio della crescita di un frutto attraverso un fruttometro, controllato e interrogato attraverso la rete.

CONCLUSIONI

La frutticoltura di precisione è ormai una realtà praticata da aziende commerciali in tutto il mondo. In alcuni paesi (Nuova Zelanda, Stati Uniti) ha già raggiunto un grado di diffusione maggiore, mentre nel nostro paese questo modo di coltivare sta lentamente prendendo piede. A fianco di soluzioni basate su macchine (rover; droni) dal costo relativamente elevato sono disponibili soluzioni altrettanto efficaci, ma dal costo più basso e fondate su protocolli di monitoraggio semplificati, che consentono di raccogliere le informazioni necessarie all'implementazione di modelli matematici che stanno ricevendo sempre maggiore corroborazione da studi assai avanzati di fisiologia dei flussi vascolari e dei meccanismi con cui i frutti acquisiscono acqua e carboidrati. Non c'è dubbio che sistemi complessi di sensori capaci di rilevare in un solo passaggio molti parametri fisiologici diverranno disponibili nel prossimo futuro, così come è certo che questi sistemi cambieranno profondamente le modalità e le strategie di conduzione dei frutteti. Tutto ciò però non potrà avvenire senza un continuo processo di avanzamento delle conoscenze di fisiologia, sempre più caratterizzate da alta multidisciplinarietà.

RIASSUNTO

La frutticoltura di precisione è un nuovo modo di coltivare, basato sull'uso delle minime quantità di fattori di produzione necessarie ad assicurare la massima produttività in termini di qualità e quantità del prodotto. Questo modo di coltivare è caratterizzato da flussi di informazioni che vengono raccolte dal frutteto e analizzate da algoritmi matematici che forniscono previsioni circa aspetti produttivi sia qualitativi che quantitativi, permettendo di verificare la bontà delle tecniche di coltivazione implementate, o suggerendo modifiche alle tecniche di coltivazione per migliorare gli attributi della produzione. Queste tecniche di coltivazione sono basate su modelli matematici di cui è sempre più profonda la conoscenza delle basi fisiologiche e che, pur avendo spesso origini empiriche, esibiscono una solidità applicativa notevole. La conoscenza della fisiologia dei flussi vascolari che sostengono la crescita ponderale dei frutti, per esempio, è basilare per la messa a punto di modelli predittivi delle dimensioni alla raccolta di specie come kiwi e pesco, oltre che melo e pero. L'automatizzazione completa della coltivazione, ad esempio in serra o in vaso, o del rilevamento di parametri funzionali in frutteto consente di svincolare queste attività dalla disponibilità di personale, il che può essere utile in caso di coltivazione di aree marginali, o per la misura metodica e accurata di numerosi parametri funzionali. La disponibilità di sempre maggiore potere di calcolo a parità di costo, e di software di programmazione sempre più performante, mettono a portata di mano quantitativi di dati impensabili fino a pochi anni fa, permettendo di prevedere l'ingresso dell'intelligenza artificiale e di tecniche di analisi basate su approcci "big data".

ABSTRACT

Precision horticulture is a method of fruit growing aiming to use the smallest possible amounts of production factors ensuring the highest productivity in terms of quality and quantity. This approach is made possible by a wide flow of data that can be gathered in the orchard and fed to mathematical algorithms capable of forecasting both quantitative and qualitative aspects of production. This in turn allows to verify whether the growing techniques adopted are suitable for the conditions, or if changes need be made to improve the outcomes. These growing techniques are based on mathematical algorithms that are acquiring deeper foundations from advanced physiological studies, which are dispelling some of the empirical attributes of the models from which they are derived, and conferring them strong solidity in practical implementations. As an example, the physiology of vascular flows in and out of fruit, which is a rather current topic of research in several labs around the world, has helped clarify and streamline predictive models for kiwifruit and peach, in addition to apple and pear. Complete automation of hydroponic or vase growing of fruit trees and vegetables is making it possible to exploit marginal areas, or to remove the need for human intervention where labor is scarce, or in physically demanding activities. Similarly, rovers or UAVs are providing an ever increasing amount of data allowing to assess the efficacy of growing techniques. These changes are made possible by the ever increasing computational power available to us for very little money, and to programming software whose capacities seem endless. Artificial intelligence is looming big on the horizon, and so do "big data" analytical approaches.

BIBLIOGRAFIA

- DEJONG T.M., GOUDRIAAN J. (1989): *Modeling peach fruit growth and carbohydrate requirements: reevaluation of the double-sigmoid growth pattern*, «J. Amer. Soc. Hort. Sci.», 114 (5), pp. 800-804.
- FISHMAN S., GÉNARD M. (1998): *A biophysical model of fruit growth: simulation of seasonal and diurnal dynamics of mass*, «Plant Cell and Environment», 21, pp. 739-752.
- HUNG C., UNDERWOOD J., NIETO J., SUKKARIEH S. (2013): *A Feature Learning Based Approach for Automated Fruit Yield Estimation*, 9th Conference on Field and Service Robotics (FSR), Brisbane, Australia.
- LANG A. (1990): *Xylem, Phloem and Transpiration flows in developing apple fruits*, «J. Exp. Bot.», 41, 227, pp. 645-651.
- LAURI P.E., TEROUANNE E. AND LESPINASSE J.M. (1997): *Relationship between the early development of apple fruiting branches and the regularity of bearing – An approach to the strategies of various cultivars*, «J. Hortic. Sci.», 72 (4), pp. 519-530.
- LAKSO A.N., CORELLI GRAPPADELLI L., BARNARD J., AND M.C. GOFFINET (1995): *An expolinear model of the growth pattern of the apple fruit*, «J. Hort. Sci.», 70 (4), pp. 389-394.
- JONES H.G., HIGGS K.H. (1982): *Surface conductance and water balance of developing apple (Malus Pumila Mill.) fruits*, «J. Exp. Bot.», 33, pp. 67-77.
- MANFRINI L., TAYLOR J.A. AND CORELLI GRAPPADELLI L. (2009a): *Spatial Analysis of the Effect of Fruit Thinning on Apple Crop Load*, «European J. Hort. Sci.», 74 (2), S. 54-60.
- MANFRINI L., CORELLI GRAPPADELLI L., TAYLOR J.A. (2009b): *Options for precision horticulture in Gala orchards based on site-specific relationships between environmental factors and harvest production parameters*, JIAC2009 - Book of abstracts, edited by C. Lokhorst, J.F.M. Huijsmans, R.P.M. de Louw, Wageningen Academic Publishers, NL, p. 381.
- MANFRINI L., PIERPAOLI E., ZIBORDI M., MORANDI B., MUZZI E., LOSCIALE P. AND LUCA L. CORELLI GRAPPADELLI (2015): *Monitoring strategies for precise production of high quality fruit and yield in apple in Emilia-Romagna*, «Chem. Engin. Transactions», vol. 44, pp. 301-307 DOI: 10.3303/CET1544051.
- MORANDI B., RIEGER M. AND CORELLI GRAPPADELLI L. (2007): *Vascular flows and transpiration affect peach (Prunus Persica Batsch.) fruit daily growth*, «J. Exp. Bot.», 58 (14), pp. 3941-3947.
- MORANDI B. AND CORELLI GRAPPADELLI L. (2010): *The positive effect of skin transpiration in peach fruit growth*, «J. Plant Physiology», 167 (13), pp. 1033-1037.
- NOFERINI M., FIORI G., CIOUS V., GOTTARDI F., BRASINA M., MAZZINI C. AND COSTA G. (2009): *DA-Meter. easier control of fruit quality from farm to distribution*, «J. Fruit and Hort.», vol. 71 (4), pp. 74-80.
- PATRICK J.W. (1997): *PHLOEM UNLOADING: Sieve Element Unloading and Post-Sieve Element Transport*, «Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology», 48, pp. 191-222.
- ZHANG L.Y., PENG Y.B., PELLESCI-TRAVIER S., FAN Y., LU Y.F., LU Y.M., GAO X.P., SHEN Y.Y., DELROT S., ZANGH D.P. (2004): *Evidence for apoplasmic phloem unloading in developing apple fruit*, «Plant Physiol.», 135, pp. 574-586.

BARTOLOMEO DICHIO*, FRANCESCO GUARINO**, GIUSEPPE MONTANARO*,
ALBA NICOLETTA MININNI*, CRISTOS XILOYANNIS*

I modelli di impianto nelle condizioni ambientali del Sud Italia

INTRODUZIONE

I sistemi produttivi agrari oggi, oltre ad aspetti tipici della produzione, sono chiamati ad affrontare problematiche ambientali e sociali riconducibili a (i) aumento popolazione e (ii) cambiamenti climatici. Il costante aumento della popolazione mondiale, che raggiungerà quota 9,6 mld nel 2050 (rapporto ONU, 2013) richiede uno sforzo tecnologico e di innovazione del comparto agricolo in grado di sostenere l'aumento della domanda alimentare che dovrà combinarsi necessariamente con la necessità di usare con intelligenza le risorse naturali (es. acqua, suolo).

Nell'ultimo secolo la popolazione mondiale è quadruplicata, il consumo delle risorse globali e le emissioni sono cresciuti così enormemente che la Terra non è più in grado di rigenerare adeguatamente le sue risorse alla stessa velocità a cui vengono consumate (Haberl et al., 2007; Hoekstra, 2009). Attualmente, dei 50 miliardi di tonnellate di $\text{CO}_{2\text{eq}}$ (eq = equivalenti) emesse ogni anno in atmosfera a livello mondiale, circa il 10% proviene dal settore agricolo. Tra i principali problemi ambientali dei sistemi di produzione agricola, ricordiamo la perdita di fertilità dei suoli, dovuta in gran parte alla riduzione del contenuto di carbonio organico nel suolo stesso, oggi a livelli molto bassi ($\sim 1\%$) in molti areali di coltivazione in Europa (Lugato et al., 2014).

Il cambiamento climatico, principalmente l'aumento delle temperature e la non regolare distribuzione delle precipitazioni, ha determinato serie conseguenze in agricoltura, come la degradazione e l'erosione dei suoli, sfasamenti

* Dipartimento delle Culture Europee e del Mediterraneo, Università della Basilicata

** Consorzio Sibarit-OP

delle epoche di fioritura ecc. Le pratiche agricole degli ultimi decenni hanno contribuito a delineare questo scenario, in particolare con l'impoverimento dei suoli, l'inquinamento delle falde acquifere e l'emissione di CO_2 . Nel Sud Italia gli effetti negativi di dette pratiche sono stati accentuati dalle peculiarità del clima (cioè inverni miti, temperature alte associate a periodi non piovosi durante l'estate).

Allo stesso tempo, l'agricoltura offre delle opportunità per mitigare i suddetti cambiamenti climatici, riducendo ad esempio le emissioni di $\text{CO}_{2\text{eq}}$ prodotte dall'attività antropica associata al settore agricolo, e incrementando il sequestro di carbonio atmosferico nei suoli (Smith et al., 2007; FAO, 2010). In tal modo si migliora anche la *resilienza* del sistema frutteto, ossia la sua capacità di rispondere ai cambiamenti climatici.

In un sistema agro-forestale, le buone pratiche di gestione atte ad aumentare gli input di carbonio nel suolo, permettono di ridurre le emissioni di GHGs e ripristinare la fertilità con un conseguente miglioramento della struttura, delle attività microbiologiche e della capacità di trattenere acqua ed elementi minerali (Marland et al., 2004).

Per capire l'importanza del "contenitore" suolo per l'accumulo del carbonio atmosferico, basti pensare che un aumento di solo lo 0,1% del contenuto di carbonio in tutti i suoli agricoli italiani significherebbe una quantità pari a 275 milioni di tonnellate di CO_2 , ossia circa il 50% delle emissioni antropiche totali annue di CO_2 a livello italiano.

L'agricoltura inoltre, è il principale utilizzatore della risorsa idrica, contando per circa il 60% del consumo globale (IPCC, 2007; Hoekstra e Mekonnen, 2012). Con la scarsità idrica e la non regolare distribuzione delle precipitazioni, aumenta l'interesse nel migliorare la produttività dell'acqua (*crop water productivity*), al fine di rispondere alla crescente domanda di cibo a livello globale.

Quale è la sfida che il settore agricolo deve cogliere per sostenere il pianeta e garantire le risorse ambientali alle future generazioni? La condivisione di una serie di obiettivi che caratterizzano l'agricoltura intelligente (*Climate Smart Agriculture*) rappresenta un pre-requisito per l'agricoltura moderna. Tra questi obiettivi ricordiamo:

- aumentare la resa delle coltivazioni (in risposta alla esigenza di riduzione della povertà e aumento della sicurezza alimentare);
- aumentare la resilienza degli agro-ecosistemi per fronteggiare i cambiamenti climatici e aumentare l'adattamento dell'agrosistema stesso;
- trasformare le aziende in soluzioni concrete per la mitigazione dei cambiamenti climatici a livello globale.

La sfida diventa, perciò, produrre di più con meno, riducendo in questo modo l'impronta ecologica per unità di prodotto (Mekonnen e Hoekstra, 2014).

Ogni area agricola a livello globale presenta particolari caratteristiche pedo-climatiche che impongono strategie di coltivazione differenziate per garantire il raggiungimento degli stessi obiettivi. Per esempio, in frutticoltura la scelta del portinnesto, delle specie, delle cultivar, insieme all'adozione di specifiche pratiche di gestione possono contribuire a rendere il sistema produttivo più efficiente e, nello stesso tempo, più resiliente.

L'Italia, come ben noto, presenta delle differenze climatiche molto diversificate nei suoi vari areali di produzione dal Nord al Sud. Per esempio, in Basilicata nell'area del Metapontino le precipitazioni annuali medie nel trentennio 1981-2010 hanno raggiunto valori di 650 mm, rispetto a valori compresi tra 725 e 825 mm nella zona dell'Emilia Romagna, mentre le precipitazioni estive sono risultate di circa 90-100 mm, rispetto ai 220-140 mm del Nord Italia (Esposito et al., 2014).

I. OTTIMIZZARE L'USO DELLA RISORSA IDRICA IN UN FRUTTETO

La frutticoltura è chiamata a dare il proprio contributo alla salvaguardia delle risorse naturali (es. acqua, suolo) in uno scenario globale che pone numerose sfide legate principalmente all'aumento della popolazione e ai cambiamenti climatici. In frutticoltura il tema della *sostenibilità* da qualche tempo affianca quello della *qualità* delle produzioni, suscitando l'interesse di un crescente numero di consumatori attenti alla salute dell'ambiente e alla propria.

Considerevoli quantitativi di acqua possono essere risparmiati in frutticoltura attraverso l'aumento dell'efficienza dell'uso dell'acqua e/o l'applicazione di tecniche di stress idrico controllato senza impatti negativi sulla qualità delle produzioni (Dichio et al., 2011) che addirittura, in alcuni casi, possono migliorare il proprio valore nutritivo a seguito della sintesi di composti benefici indotta proprio dallo stress idrico. Le innovazioni tecnologiche nel settore irriguo negli ultimi decenni hanno apportato molte novità in termini di materiali, automazione e controllo delle fasi di gestione dell'irrigazione. Tuttavia, spesso si registra un insufficiente trasferimento delle conoscenze scientifiche all'utilizzatore finale ossia l'agricoltore o il tecnico, rendendo le nuove tecnologie solo parzialmente efficaci. Si riportano di seguito i punti strategici su scala di comprensorio irriguo e aziendale per l'aumento dell'efficienza dell'uso dell'acqua in frutticoltura.

1.1 *Interventi su scala di comprensorio*

I metodi irrigui localizzati e la sub-irrigazione sono caratterizzati da un livello di efficienza di distribuzione dell'acqua (definito come il rapporto percentuale tra il volume d'acqua utilizzabile dalla pianta e quello erogato) molto alta e vicina al 90-95%. Tuttavia, in molte aree frutticole italiane la loro diffusione su larga scala trova ancora oggi delle difficoltà legate prevalentemente alla non disponibilità, a livello aziendale, dell'acqua consortile a "domanda". Si tratta di una condizione necessaria (in particolare nei periodi caratterizzati da elevati consumi idrici) per la diffusione di tali metodi, dato il ridotto volume di suolo interessato dall'irrigazione. Infatti, tale volume di suolo in estate si svuota a ritmo anche giornaliero e, quindi, l'acqua deve essere tempestivamente ripristinata per non innescare fenomeni di stress idrico indesiderati.

A livello di comprensorio, andrebbe incentivata la ri-conversione dei vecchi e poco efficienti metodi irrigui (es. aspersione sovrachioma) a vantaggio di quelli localizzati. Anche questo tipo di intervento richiede uno sforzo politico-decisionale e finanziario degli amministratori della risorsa idrica, che in alcuni casi è stato già posto in campo (vedi esempio in Regione Basilicata, fig. 1). Con procedure di rottamazione degli impianti irrigui il risparmio idrico che ne deriverebbe è notevole e può oscillare dal 90% (impianti giovani) al 50% (impianti in piena produzione).

La contabilizzazione dei prelievi di acqua a livello aziendale, congiuntamente alla fornitura di acqua a "domanda" è un valido strumento per disincentivare apporti idrici che eccedono le necessità delle colture. Nel Metapontino, per esempio, la sostituzione delle bocchette di erogazione risalenti in gran parte alla Riforma Agraria con quelle di nuova generazione, in grado di registrare i prelievi di acqua effettuati da ogni singolo utente, ha rappresentato una azione importante per spingere gli utenti finali a erogare volumi di acqua predeterminati sulla base del fabbisogno idrico della coltura (fig. 1). Questa tipologia di interventi strutturali deve essere accompagnata anche dall'adeguamento delle politiche di pagamento del servizio irriguo da calibrarsi, appunto, sulle quantità di acqua prelevate e non, come spesso capita ancora oggi, sulla superficie di suolo irrigata. In aggiunta, durante tale fase di ammodernamento sarebbe auspicabile dotare le nuove bocchette con interfaccia di collegamento con le comuni centraline di programmazione delle irrigazioni in modo da ulteriormente ottimizzare i tempi lavorativi degli operatori.

A livello di comprensorio irriguo, un intervento certamente di impatto sull'uso della risorsa idrica potrebbe essere l'impiego in agricoltura di acque



Fig. 1 Sinistra: la rottamazione impianti irrigui è stata sostenuta in Basilicata con una misura dedicata (DGR 2059/2001). Nella foto si noti la presenza dell'impianto irriguo sovrachioma sostituito con quello localizzato (tubi in PVC); destra: Sostituzione delle vecchie bocchette di erogazione (sinistra) con nuovi erogatori (destra) che consentono la contabilizzazione dei volumi irrigui prelevati operata in Consorzi irrigui della Basilicata (tratto da Xiloyannis et al., 2015)

non convenzionali (es. acque reflue depurate) ma questo richiederebbe un rinnovamento del quadro normativo nazionale che attualmente pone molte restrizioni in termini di qualità dell'acqua.

L'irrigazione localizzata come è noto richiede pressioni di esercizio relativamente basse (1-1,5 atm) e quindi la loro maggiore diffusione comporterebbe, in alcune aree, una riduzione dei costi energetici del Gestore (e presumibilmente dell'utilizzatore finale) rispetto ai costi energetici sostenuti per il sollevamento dei corpi idrici e la messa in pressione dell'acqua (attualmente nel Metapontino la pressione dell'acqua a livello aziendale è a 4 atm). Questo è anche un vantaggio di tipo ambientale se si considerano le minori emissioni di CO₂ legate alla suddetta riduzione energetica.

1.2 Ottimizzazione della gestione dell'irrigazione

La possibilità di ottimizzare l'irrigazione dipende molto dal trasferimento tecnologico delle conoscenze, dalla disponibilità di supporti tecnologici durevoli e a basso costo e dalla disponibilità di infrastrutture consortili in grado di garantire la distribuzione dell'acqua irrigua a domanda.

Nonostante molti avanzamenti tecnologici, ancora non sono disponibili degli strumenti semplici e poco costosi da utilizzare su scala commerciale per migliorare la gestione del metodo irriguo (in particolare turni e volumi di

adacquamento). Nelle situazioni in cui la disponibilità idrica è a “domanda” ed esiste il contatore, l'utilizzatore è incentivato a utilizzare bene l'acqua con risultati spesso sorprendenti (notevole risparmio idrico e controllo dei nitrati) e applicazione dello stress idrico controllato. Nei casi in cui l'acqua consortile è disponibile a livello aziendale a turni fissi durante tutta la stagione irrigua è impossibile gestire l'irrigazione in modo efficiente. In queste situazioni si è costretti ad apportare elevatissimi volumi di acqua, generando, in particolar modo con impianti a goccia, grossi problemi di eccesso idrico e di carenza tra un turno e l'altro e spesso problemi di inquinamento della falda superficiale da parte dei nitrati.

Il soddisfacimento idrico di una coltura deve essere interamente soddisfatto per massimizzare il suo potenziale produttivo. Gli apporti di acqua dovrebbero ripristinare le perdite per evapotraspirazione dal suolo e cioè la quantità di acqua assorbita dalla coltura e dal cotico erboso e quella evaporata dal suolo.

La compilazione del bilancio idrico semplificato in frutticoltura rappresenta la base per la stima dei consumi idrici e dei volumi necessari da apportare per soddisfare le richieste idriche della coltura. Il volume irriguo (VI) è calcolato secondo la seguente formula:

$$VI = (ET_C - P_u) / em$$

dove ET_C = evapotraspirazione colturale; P_u = pioggia utile; em = efficienza metodo irriguo.

Per ottimizzare l'uso della risorsa idrica è fondamentale considerare i volumi di suolo esplorati dalle radici e i volumi di suolo interessati dall'irrigazione.

1.3 Gestione dell'irrigazione considerando il contenuto idrico del suolo

Il volume totale di suolo esplorato dalla pianta arborea può essere ricondotto a due contenitori, di cui solo uno è quello interessato dall'irrigazione (*contenitore 1*), la restante parte (*contenitore 2*) non riceve acqua irrigua ma è importante per l'accumulo di acqua durante il periodo delle piogge (vedi esempio in figura 2). Conoscendo le caratteristiche idrologiche del suolo (capacità idrica di campo e punto di appassimento) è possibile calcolare la quantità di acqua che tali contenitori riescono a immagazzinare. Il calcolo effettuato sul contenitore 1 si rende necessario anche per fissare i turni e i volumi di adacquamento.

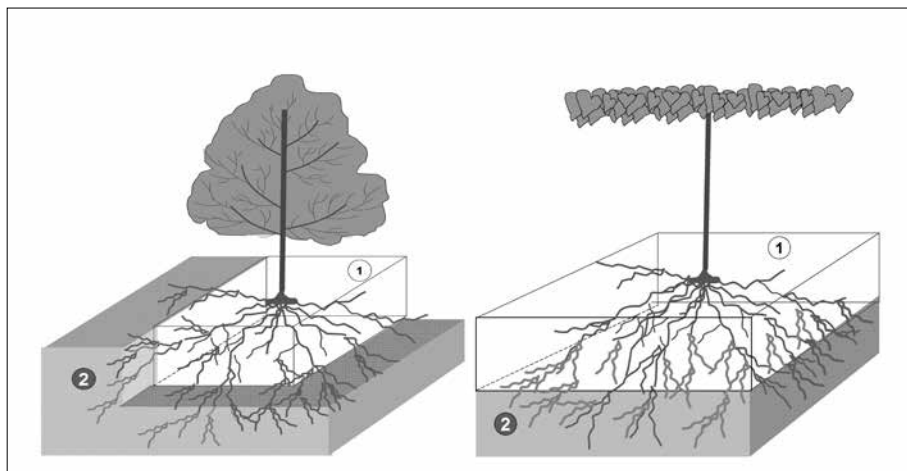


Fig. 2 *Rappresentazione schematica dei contenitori 1 e 2 in frutteti con irrigazione localizzata (sinistra) o che bagna l'intera superficie del suolo (destra) (tratto da Xiloyannis et al., 2012)*

1.4 Gestione dell'irrigazione avendo come riferimento il contenuto idrico nei due contenitori

La stagione irrigua deve necessariamente iniziare precocemente, per non far utilizzare alla pianta le riserve idriche presenti negli strati profondi del suolo. I volumi di adacquamento dei singoli interventi non possono eccedere la quantità di acqua immagazzinabile nel volume di suolo interessato dall'irrigazione (cioè il Contenitore 1). È necessario stabilire una “soglia di intervento” legata alla quantità di acqua presente nel suolo evitando di depauperare completamente l'acqua disponibile (AD)¹ (in condizioni idriche ottimali la soglia di intervento deve essere pari al 50% dell'acqua disponibile). Applicando questo criterio è automaticamente definito anche il turno irriguo che è pari all'intervallo di tempo che le piante impiegano per estrarre dal suolo il volume di acqua che stabilisce la soglia di intervento (cioè 50% AD). In questo modo, l'intervallo di tempo (turno irriguo) può oscillare da 1 a 6 giorni in relazione a tutte le variabili ambientali che determinano il consumo dell'acqua nel sistema frutteto e la quantità di acqua immagazzinata nel suolo. Ovviamente, al fine di mantenere il contenuto idrico del contenitore 1 sopra la soglia fissata in caso di irrigazione a goccia, nei mesi più caldi i turni saranno necessariamente più brevi (1-2 giorni). Sarebbe opportuno arrivare

¹ La AD è tutta la quantità di acqua a disposizione della pianta nell'intervallo di umidità del suolo compreso fra la capacità idrica di campo e il punto di appassimento.

al termine della stagione irrigua, con i contenitori (1 e 2) svuotati dell'acqua contenuta (riducendo l'acqua apportata con l'irrigazione, la pianta utilizzerà l'acqua anche dagli strati profondi). In questo modo il suolo esplorato dalle radici "completamente svuotato" sarà pronto per essere riempito dalle piogge autunno-invernali.

Il monitoraggio quindi dell'umidità del terreno interessato dall'irrigazione e di quello totale esplorato dalle radici può essere uno strumento di controllo della gestione irrigua del frutteto. L'apparato radicale è prevalentemente distribuito nei primi 50 cm di profondità ed è proprio da questa zona del suolo che avvengono gli assorbimenti maggiori di acqua. La figura 3 riporta le oscillazioni di umidità nel suolo dovute all'assorbimento da parte della pianta e agli apporti irrigui. Queste oscillazioni avvengono fino a 50 cm di profondità, a profondità maggiori l'assenza delle oscillazioni evidenzia che il suolo a questa profondità non è interessato da assorbimenti quando i volumi irrigui apportati con l'irrigazione sono sufficienti a soddisfare la domanda evapotraspirativa del frutteto. La graduale variazione di umidità del suolo registrata a 70 cm di profondità è dovuta a movimento di acqua verso gli strati superiori, indicando che, in quel determinato periodo, gli apporti idrici agli strati superiori non soddisfano a pieno le perdite per evapotraspirazione innescando così un richiamo di acqua dagli strati profondi. Il monitoraggio del contenuto idrico dei vari strati di suolo, permette di operare degli aggiustamenti al programma di irrigazione durante la stagione in corso. In questo caso, per esempio, si sarebbe potuto valutare l'aumento degli apporti idrici per evitare il depauperamento delle riserve profonde. Questi casi possono essere frequenti in frutticoltura e sono generalmente concentrati nei periodi più caldi (luglio-agosto). Sarebbe opportuno prevenire/evitare tali situazione in modo particolare per le specie sensibili alla carenza idrica (es. *Actinidia*) per le quali anche un lieve stress idrico determina un peggioramento della produttività e della qualità dei frutti.

Sulla base di quanto proposto, emerge che il monitoraggio dell'umidità del terreno nel volume di suolo interessato dall'irrigazione, unitamente alla definizione di volumi e turni di irrigazione attraverso la compilazione di un bilancio idrico semplificato possono rappresentare un valido strumento di supporto alla decisione nel settore irriguo. Si tratta soltanto di individuare la strumentazione più affidabile (semplice da usare a prezzi bassi e durevole) da poter utilizzare a livello aziendale.

L'implementazione di sonde idonee per la misura dell'umidità e software dedicati per il controllo di automatismi potrebbe rappresentare un buon supporto per la gestione dell'irrigazione definendo turni e i volumi di adac-

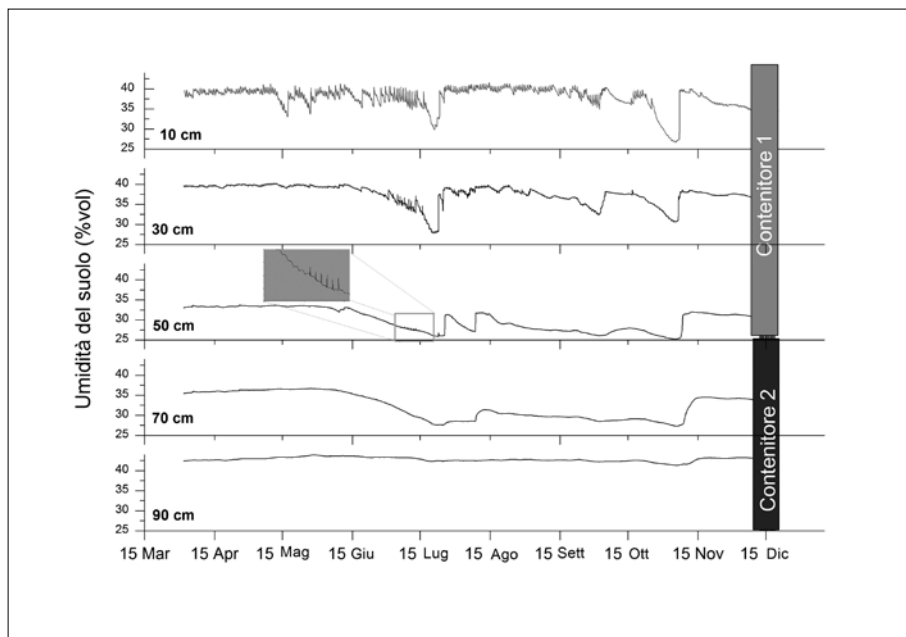


Fig. 3 Andamento dell'umidità del suolo a varie profondità in impianto di actinidia (cv Hayward in piena produzione) nel Metapontino eseguite nell'ambito del progetto OTIROL. Si noti che lo strato profondo a 90 cm non è stato influenzato ne dalle irrigazioni ne dagli assorbimenti, lo strato profondo 70 cm mostra una progressiva riduzione del livello di umidità a seguito di un richiamo di acqua da parte del suolo a 50 cm di profondità che si sta asciugando ma che risponde alle irrigazioni/assorbimenti (vedi ingrandimento riquadro) (tratto da Xiloyannis et al., 2015)

quamento direttamente sulla base dell'umidità dei due contenitori. Sarebbe possibile anche definire soglie di intervento in relazione alle caratteristiche della specie.

Tra i sensori più promettenti ricordiamo quelli basati su tecnologia *FDR* che restituiscono letture di contenuto volumetrico di acqua nel suolo. Una grande opportunità è offerta dalle sonde integrate che permettono la misura dell'umidità e della salinità contemporaneamente alle diverse profondità di suolo. La possibilità di monitorare in continuo il profilo di suolo durante la stagione permette di ottimizzare le tecniche di gestione sostenibile dell'acqua e dei fertilizzanti nel sistema frutteto. Tali tecnologie sono utilizzate ai fini sperimentali ma ancora poco diffuse a livello di vasta scala in quanto costose.

Negli ultimi anni, nel tentativo di compensare una scorretta gestione dell'irrigazione effettuata con singola ala gocciolante, è stato introdotto l'uso



Fig. 4 Sinistra: doppia ala gocciolante. Destra: singola ala gocciolante posizionata a terra sulla fila

della doppia ala gocciolante finalizzato ad aumentare il volume di suolo bagnato dall'irrigazione. Tuttavia, essendo la gestione dell'irrigazione la stessa di quella dei frutteti irrigati con singola ala gocciolante, la “doppia ala” di fatto non ha portato benefici significativi. Al contrario, tale sistema ha portato a un notevole incremento dei consumi idrici e a problemi di lisciviazione di elementi minerali e asfissia radicale nei terreni ben strutturati. Tale sistema è stato quasi del tutto abbandonato proprio per i danni arrecati e alla luce dei principi di sostenibilità ambientale e di risparmio della risorsa idrica. Riteniamo, che la doppia ala gocciolante resti una soluzione valida per quei terreni sciolti caratterizzati da una bassa capacità di ritenzione idrica a condizione che si migliori la gestione dell'irrigazione (fig. 4).

Nei nuovi impianti, per un problema di riduzione di costi si sta sempre più diffondendo il posizionamento a terra sulla fila di una singola ala gocciolante con gocciolatori autocompensanti posizionati ogni 50 cm (fig. 4); questo ai fini irrigui rappresenta una soluzione ottimale, ma ha un alto impatto ambientale dato che il posizionamento al suolo dell'ala gocciolante richiede il diserbo chimico sulla fila.

1.5 Applicazione di deficit idrico controllato

Il deficit idrico controllato può essere applicato riducendo l'apporto idrico durante tutta la stagione irrigua oppure attraverso la riduzione dei volumi irrigui in modo repentino (addirittura la sospensione dell'irrigazione) ma solo in alcune fasi fenologiche meno sensibili alla carenza idrica (tab. 1). In linea generale le fasi più sensibili alla carenza idrica sono: fioritura, allegagione, accrescimento del frutto per divisione e distensione cellulare, differenziazione

SPECIE	FASI SENSIBILI
Albicocco, ciliegio, susino e pesco a maturazione precoce	Dalla fioritura e fino alla raccolta
Pesco e susino a maturazione tardiva	1° e 3° fase di crescita del frutto
Agrumi	Fioritura, allegagione
Olivo	Germogliamento, fioritura, 1° e 3° fase di crescita del frutto (in particolare per olivo da tavola)
Pomacee	Fioritura, allegagione e fase di rapida crescita del frutto
Actinidia	Tutto il ciclo annuale

Tab. 1 *Fasi fenologiche sensibili allo stress idrico in varie specie arboree da frutto (Xiloyannis et al 2012)*

morfologica delle gemme a fiore. Il periodo in cui applicare lo stress idrico e la sua durata, è funzione delle caratteristiche della specie coltivata e delle relative cultivar.

L'applicazione del deficit idrico controllato è praticabile soltanto nelle situazioni in cui l'acqua è disponibile a livello aziendale a "domanda", in suoli con una bassa capacità di immagazzinamento idrico e con impianti di irrigazione localizzata, caratteristiche che permettono il controllo preciso dell'umidità nel suolo e il raggiungimento dei livelli di stress desiderati in tempi brevi. Per tutte le cultivar a maturazione precoce (maggio, inizio giugno) il deficit idrico controllato è applicabile solo nella fase post-raccolta mentre per le cultivar a maturazione tardiva, si può applicare agevolmente anche nella seconda fase di crescita del frutto (Stadio II, indurimento del nocciolo). Per la frutticoltura del Sud Italia, caratterizzata prevalentemente da cultivar a maturazione precoce, l'applicazione di deficit idrico controllato nella fase post raccolta rappresenta una grande opportunità per risparmiare importanti volumi di acqua (fino a 1.500 m³ ha⁻¹). La riduzione dei coefficienti colturali (K_c) nella fase post raccolta sono stati pubblicati dalla FAO in varie specie (vedi Quaderno 66 Irrigazione e Drenaggio) e in molti contesti organizzati vengono applicati con successo. In tabella 2 sono riportati i volumi irrigui utilizzati dalla OP-SIBARIT in 6 gruppi di pescheti individuati in relazione all'epoca di raccolta delle relative cultivar. Nei suddetti pescheti vengono adottati K_c in modo schematico individuando 3 fasi, e in particolare viene adottata una riduzione dei K_c medi da 1 a 0,3 nella fase di post raccolta.

La riduzione dei volumi irrigui durante la fase post raccolta non ha effetti negativi sulla quantità e qualità della produzione e sulla induzione antogenica, riduce la crescita dei succhioni e degli anticipati e aumenta la concentrazione dei carboidrati e dell'azoto negli organi di riserva in quanto riduce il consumo di tali sostanze da parte degli apici vegetativi (Dichio et al., 2007). Inoltre,

	Kc	Gruppo 1 m ³ ha ⁻¹	Gruppo 2	Gruppo 3	Gruppo 4	Gruppo 5	Gruppo 6
ETC Pre-invaiaura	0,5	684,7	1009,3	1386	1803,5	2238,7	3016,7
ETC Invaiaura –raccolta	1,1	1303,3	1747,2	2175,9	2318,5	2641,3	2012,3
ETC Post-raccolta	0,3	1800,7	1470,8	1422,2	854,4	489,3	194,0
Etc Totale		3788,7	4227,3	4984,1	4976,6	5369,3	5223,0
Volumi Irrigui (ETC - Pioggia)		2806,7	3245,3	4002,1	3994,3	4387,3	4241,0

Tab. 2 Valori di evapotraspirazione colturale (ET_c) ($m^3\ ha^{-1}$) determinati per 6 gruppi di varietà di pesco in Italia Meridionale (Calabria). Gruppo 1 raccolta 15 maggio; Gruppo 6 raccolta fine settembre (dati OP-SIBARIT)

	Velocità infiltrazione verticale (mm al giorno)	% macroporosità	m ³ /ha di acqua immagazzinata fino a 2 m di profondità
Inerbito	160	9,5	4.250
Lavorato	13	5,4	2.936

Tab. 3 *Velocità di infiltrazione verticale dell'acqua (misurata a 12 cm di profondità in corrispondenza della suola di lavorazione), e macroporosità (0-30 cm di profondità) espressa come % della totale porosità, e relativa quantità di acqua immagazzinata durante il periodo delle piogge in un suolo inerbito per 10 anni e lavorato*

la migliore allocazione delle sostanze di riserva e la riduzione della velocità di crescita dei germogli migliora la qualità e la fertilità delle gemme.

1.6 *Ridurre l'impatto dell'irrigazione migliorando l'accumulo di acqua piovana*

Le radici delle piante arboree, se non ostacolate, possono svilupparsi anche a profondità di 2-3 metri (importante la scelta del portinnesto) insediandosi così in un volume di suolo capace di immagazzinare quantitativi di acqua che, nei terreni di medio impasto, possono raggiungere valori di 4-5.000 m³ ha⁻¹. Proprio la capacità del suolo di immagazzinare acqua consente di paragonarlo a un serbatoio che va caratterizzato anche nelle sue dimensioni e quindi gestito in modo appropriato.

Per poter favorire il massimo accumulo di acqua in tale serbatoio è necessaria una gestione del suolo finalizzata non solo al miglioramento della sua fertilità chimica e microbiologica e del contenuto in sostanza organica, ma anche della sua struttura e delle caratteristiche idrologiche (es. velocità di infiltrazione dell'acqua). L'esperienza pluriennale condotta in un oliveto dimostra l'effetto benefico sulla struttura del suolo della non lavorazione. Infatti, nel suolo non lavorato (inerbito spontaneo) la quantità di macropori è circa doppia di quella di un suolo lavorato, contribuendo ad aumentare di oltre 10 volte la velocità di infiltrazione nel suolo inerbito e migliorando la capacità di immagazzinamento idrico del suolo (tab. 3). Va comunque ricordato che sull'immagazzinamento idrico nel suolo incide anche il tipo di pioggia (intensità) nel periodo autunno-inverno. In tal senso le piogge più efficaci sono quelle con intensità simile alla velocità di infiltrazione del suolo che facilitano l'infiltrazione di acqua nel suolo anche negli strati profondi.

In generale il mantenimento di un cotico erboso (anche spontaneo) viene associato a un aumento del fabbisogno idrico di un frutteto. Per questa ragione ma anche per ridurre la "competizione idrica" tra coltura principale e inerbimento, il suolo viene lavorato, in special modo nelle aree con ridotte di-

sponibilità idriche e scarsa piovosità. Lavorando il suolo, si rinuncia al benefico apporto di sostanza organica derivante dalla biomassa dell'inerbimento, e all'effetto pacciamante del materiale sfalcato che può ridurre notevolmente l'evaporazione di acqua dal suolo. In ambiente meridionale, il mantenimento di un cotico erboso può apportare a seguito degli sfalci circa 3-9 t ha⁻¹ di biomassa (peso secco). Per ridurre la competizione idrica tra inerbimento e pianta arborea (in particolare in condizioni di aridocoltura) si consiglia il taglio del cotico erboso o una lavorazione del suolo superficiale nei mesi di marzo-aprile in relazione all'andamento della piovosità.

1.7 Efficienza dell'uso dell'acqua da parte della pianta

Per "efficienza dell'uso dell'acqua" si intende il rapporto tra la quantità di anidride carbonica usata per la fotosintesi e quella di acqua traspirata dalle foglie. Di tutta l'acqua assorbita dalle radici e trasferita alla parte aerea della pianta, il 99,5% circa viene emessa nuovamente nell'atmosfera attraverso la traspirazione delle foglie. Nella scelta della forma di allevamento e del sistema di impianto, bisogna tenere in debita considerazione l'efficienza dell'uso della risorsa idrica, che aumenta con l'aumentare del rapporto foglie esposte/foglie ombreggiate. Pertanto l'aumento della efficienza può essere conseguito attraverso la riduzione delle dimensioni delle piante, il corretto orientamento dei filari, l'adozione di forme di allevamento che consentono di massimizzare la quota di foglie ben esposte alla luce, e la corretta gestione della chioma (potatura verde, sfogliatura nella vite da tavola, anticipo della potatura invernale, ecc.).

Le piante regolano la loro funzionalità anche in risposta all'ambiente esterno in particolare alla disponibilità di luce, temperatura, umidità del suolo. Nel caso di impianti irrigui localizzati, circa l'80% del suolo rimane in asciutto durante i mesi non piovosi dell'anno pur mantenendo comunque uno stato idrico ottimale grazie alle frequenti irrigazioni. Le radici che si trovano nella parte asciutta di suolo rispondono al basso livello di umidità modificando alcuni aspetti della loro funzionalità. Ad esempio, si osserva una generale riduzione della loro attività metabolica che contribuisce a ridurre le emissioni di CO₂ da questa parte di suolo con miglioramento dell'efficienza ambientale (Montanaro et al., 2012). Allo stesso tempo, le radici in asciutto dell'interfila aumentano la sintesi di ormoni e di altri segnali radicali, che riducono la traspirazione fogliare, rispetto a quelle della zona bagnata (fila) della stessa pianta (Xylogiannis et al., 2015) migliorando così l'efficienza dell'uso dell'acqua della pianta.

1.8 Impronta idrica

Per i sistemi frutticoli, sarà importante dare un valore anche economico ai processi di ottimizzazione dell'uso dell'acqua. L'ottimizzazione dell'irrigazione e il risparmio della risorsa idrica deve rappresentare non solo una opportunità per ridurre i costi a livello aziendale, ma deve essere anche adeguatamente considerata anche per i benefici ambientali che ne derivano. La lenta evoluzione sul tema dell'impronta idrica è legata alla difficoltà di mettere a punto delle procedure di calcolo condivise dalla comunità scientifica e di politiche sull'uso dell'acqua che siano sostenibili.

In agosto del 2014 è stata pubblicata la prima e unica normativa sulla Water Footprint, la ISO 14046, che standardizza a livello internazionale l'analisi per la determinazione dell'impronta idrica di prodotti, processi e organizzazioni.

Il primo a occuparsi di Water Footprint è stato un ricercatore, Allan nel 1998, che introdusse il concetto di Virtual Water, come acqua necessaria per la produzione di un prodotto e di commercio globale di acqua incorporato nel prodotto.

Successivamente, nel 2002, Hoekstra insieme a Chapagain, ha elaborato il concetto di Water Footprint come un indicatore complessivo di appropriazione delle risorse di acqua dolce, in modo da quantificarne le quantità di acqua dolce necessaria. L'ultima versione, nel 2011, è il *The Water Footprint Assessment Manual*, in cui viene stimata la Water Footprint come la somma di tre componenti: la Blue, la Green e la Grey.

Ad oggi si è giunti a una evoluzione con la pubblicazione dello standard, la norma ISO 14046, mediante il sostegno del Life Cycle Assessment (LCA). La ISO è una misura che quantifica i potenziali impatti ambientali legati all'acqua; essa fornisce principi, requisiti e linee guida per la valutazione della Water Footprint di prodotti, processi e organizzazioni secondo la metodologia LCA.

La Water Footprint secondo la ISO 14046, a differenza della Water Footprint secondo il *The Water Footprint Assessment Manual* non distingue le componenti Blue, Green e Grey, ma introduce i concetti di *Consumptive Use* e *Degradative Use*; avendo come obiettivo primario quello di risolvere il problema della gestione idrica a livello locale anziché un approccio globale. La ISO 14046 integra gli attuali modelli di quantificazione con nuove categorie di impatto, definendo la Water Footprint a livello di Impact Assessment invece di limitarsi al solo livello di inventario.

La metodologia per il calcolo della Water Footprint segue la metodologia LCA, in cui c'è una prima fase di inventario nella quale vengono definiti l'o-



Fig. 5 *Impianti delle nuove selezioni di Actinidia chinensis a polpa gialla in Calabria. A sinistra cv Jintao a elevato fabbisogno in freddo con bassa produzione causata dal non soddisfacimento del fabbisogno in freddo (anno 2014); a destra cv. Soreli, meno esigente in freddo, che nello stesso sito e nella stessa annata presenta produzioni elevate*

biettivo, lo scopo e i dati necessari all'analisi; e una successiva analisi nella quale vengono analizzati e definiti gli impatti relativi all'acqua. Un'analisi di Water Footprint in LCA è ottenuta analizzando tutti i potenziali impatti ambientali relativi all'uso delle risorse idriche. In particolare considera tutti i contributi di rilevanza ambientale o aspetti dell'ambiente naturale, della salute umana e delle risorse legate all'acqua (tra cui la disponibilità e la degradazione dell'acqua).

1.9 *Fabbisogno di freddo*

È noto che i cambiamenti climatici in atto nel pianeta stanno determinando uno spostamento delle fasce climatiche di circa 600 chilometri verso Nord. Nei diversi areali frutticoli del Sud Italia le ore in freddo sono sempre molto variabili e con una tendenza a una riduzione significativa negli anni. Di conseguenza, l'introduzione non oculata di cultivar a elevato fabbisogno in freddo determina un problema di produttività legato proprio al non soddisfacimento delle ore in freddo (fig. 5).

Sarebbe opportuno che il miglioramento genetico si facesse carico di selezionare cv con diverso fabbisogno in freddo in modo da disporre di più materiale genetico adattabile per i diversi areali. Una opportunità potrebbe essere offerta anche dalla selezione di portinnesti con basso fabbisogno in freddo in quanto questa caratteristica può conferire alla cultivar un adattamento importante.

Altro aspetto saliente da sviluppare come supporto per la frutticoltura del Sud Italia è la delimitazione di aree omogenee rispetto alle ore di freddo e di

caldo, accompagnato da una oculata valutazione dei fabbisogni delle singole cultivar di nuova introduzione.

2. GESTIONE SOSTENIBILE DEL SUOLO NEL FRUTTETO

Negli ultimi decenni si è assistito al declino generalizzato della qualità dei suoli, in particolare del loro contenuto di carbonio (C), a seguito della semplificazione della gestione del sistema frutteto (lavorazioni suolo, uso esclusivo di concimi minerali, uso non corretto dell'irrigazione). I suoli del Sud Italia presentano valori di sostanza organica che oscillano tra 0,8-1,3%. Suoli con sostanza organica inferiore a 1% risultano desertici dal punto di vista microbiologico e hanno perso buona parte della loro capacità nutrizionale e di immagazzinamento idrico, rendendo il sistema vulnerabile a stress biotici e abiotici. Si rivela, pertanto, necessario cambiare la gestione a livello aziendale agricolo, incrementando gli apporti di carbonio nel suolo e riducendo le emissioni di CO₂.

La gestione sostenibile del frutteto (attuata attraverso apporti di compost, la fertirrigazione guidata, l'inerbimento del suolo, il riutilizzo dei residui della potatura in campo, la gestione oculata dell'irrigazione) comporta un incremento dei valori di carbonio fissato rispetto alle pratiche tradizionali (lavorazioni del suolo, concimazioni empiriche, allontanamento e/o bruciatura dei residui della potatura).

I frutteti e l'eventuale inerbimento presente, attraverso il processo fotosintetico, sottraggono anidride carbonica (CO₂) all'atmosfera e la immagazzinano nella biomassa delle piante (foglie, rami, frutti, radici) e poi nel suolo. Al contrario, alcune pratiche convenzionali, come lavorazioni o bruciatura dei residui di potatura contribuiscono a emettere C in atmosfera. Adottare una gestione del frutteto orientata a recuperare il livello di carbonio nel suolo è sicuramente utile a:

- migliorare la qualità dei suoli e ridurre la dipendenza dagli input esterni;
- migliorare la performance ambientale del frutteto espressa, ad esempio, attraverso il sequestro della CO₂ atmosferica, il miglioramento del ciclo delle acque, la riduzione del rischio di erosione.

Per aumentare il carbonio nel suolo è necessario assicurare un livello adeguato di input di materiale organico e ridurre, per quanto possibile, le emissioni di CO₂ dal suolo. Il processo di incremento è relativamente lento, sono necessari 7-10 anni di adozione di tecniche conservative (inerbimento, non lavorazione, apporto materiale organico) per aumentarne di circa l'1% il valore.

			PESCO	VITE	OLIVO
SOSTENIBILE	APPORTI	Biomassa pianta arborea (foglie, turn over radici, materiale potatura, frutti diradati)	5,0	2,8	4,9
		Inerbimento (incluso apparato radicale)	1,7	3,9	3,6
		Compost	4,0	4,9	--
	PERDITE	(respirazione suolo)*	3,84	7,1	5,8
		APPORTI - PERDITE	6,8	4,5	2,7
CONVEZIONALE	APPORTI	Biomassa pianta arborea (foglie, turn over radici, frutti diradati)	4,26	2,0	2,1
		Inerbimento (incluso apparato radicale)	--	0,6	--
	PERDITE	(respirazione suolo)*	3,51	5,8	5,7
		APPORTI - PERDITE	0,7	-3,2	-3,6
* include respirazione autotrofa ed eterotrofa					

Tab. 4 *Apporti e perdite di carbonio ($t\ ha^{-1}\ anno^{-1}$) in frutteti condotti in modo sostenibile o convenzionale (Tratta da Xiloyannis et al., 2015)*

I flussi di CO_2 dal frutteto verso l'atmosfera avvengono per fenomeni naturali (respirazione delle piante e dei microrganismi, ossidazione della sostanza organica), oppure a seguito di cattive pratiche di gestione (es. bruciatura dei residui colturali). Scegliere di non bruciare i residui di potatura ha un immediato effetto per l'ambiente, in quanto si evitano emissioni di CO_2 legate alla combustione. Se poi questi residui sono reimpiegati in campo si ha anche un effetto positivo per l'accumulo di carbonio nel suolo. Grazie all'accumulo di carbonio nelle strutture permanenti (aeree e radicali), il frutteto sottrae CO_2 dall'atmosfera, con un vantaggio ambientale. In tabella 4 sono riportati apporti e perdite di carbonio in frutteti condotti in modo sostenibili e convenzionali.

L'inerbimento spontaneo nell'interfila è una tecnica agronomica oramai diffusa in diversi areali frutticoli del sud Italia. Tale tecnica viene accoppiata con il diserbo effettuato sulla fila oppure con lavorazioni superficiali per l'interramento delle materie organiche e l'eliminazione del cotico erboso (fig. 6).

2.1 *Apporto di carbonio esterno*

Per l'incremento del carbonio nel suolo del frutteto, l'apporto di matrici organiche esterne al sistema svolge un ruolo determinante. Le fonti esogene di carbonio microbiologicamente stabilizzato utilizzabili in sistemi arborei per accelerare il superamento della fase di transizione da sistema convenzionale



Fig. 6 *La tecnica dell'inerbimento spontaneo si è diffusa nei diversi contesti frutticoli del Sud Italia*

a sistema sostenibile oppure, per il mantenimento della loro fertilità, sono riconducibili a diverse tipologie di compost: letame compostato, compost da FORSU, ammendante compostato verde e misto. La produzione e uso delle differenti tipologie di compost sono il risultato della chiusura del ciclo del carbonio all'interno dell'azienda, tra aziende, tra settore agricolo e civile/industriale.

Fra le diverse tipologie di materiale organico da impiegarsi in frutticoltura per favorire l'incremento di C nel suolo, il letame è fra le migliori per la sua simultanea funzione ammendante, correttiva e nutrizionale.

Il compost è il prodotto del processo bio-ossidativo durante il quale il substrato organico eterogeneo di partenza (*biomassa substrato*) subisce, in tempi ragionevolmente brevi (alcune settimane), profonde trasformazioni delle caratteristiche fisico-chimiche e biologiche (maturazione) intrinseche, con riduzione della degradabilità (stabilizzazione), e, parallelamente, con una parziale mineralizzazione e umificazione del carbonio organico. La produzione e uso delle differenti tipologie di compost sono il risultato della chiusura del ciclo

TIPO FERTILIZZANTE	SOSTANZA ORGANICA (%)	CARBONIO (% C)	AZOTO (% N)	FOSFORO (% P_2O_5)	POTASSIO (% K_2O)
Letame Bovino	16	44.2	0.4	0.1	0.3
Letame Ovino	32	40.2	0.8	0.2	0.8
Letame Equino	26	46.1	0.7	0.2	0.7
COMPOST	58	33.8	1.8	0.7	1.4

Tab. 5 *Contenuti medi dei nutrienti principali nelle diverse tipologie di fertilizzante organico (rielaborato Sofo et al., 2010)*

del carbonio all'interno dell'azienda, tra aziende, tra settore agricolo e civile/industriale.

Fra le diverse tipologie di materiale organico disponibile il letame compostato è fra le migliori per la sua simultanea funzione ammendante, correttiva e nutrizionale. D'altra parte il letame microbiologicamente stabilizzato è oggi un bene di difficile reperibilità, sempre più raro e costoso. Il principale punto critico da considerare nella catena del compost risulta sempre la distanza tra i punti di approvvigionamento delle matrici da compostare (letame e residui di potatura) e il luogo di produzione utilizzo del materiale stabilizzato che non deve superare i pochi chilometri. Infatti gli interventi più sostenibili risultano sempre quelli realizzati in aziende miste frutticolo/zootecniche o in condizioni territoriali in cui le aziende frutticole/viticole e le zootecniche distano pochi chilometri.

È stato evidenziato quindi come il compostaggio aziendale assume sempre più un ruolo centrale nell'ambito della sostenibilità dei sistemi agricoli. In tabella 5 si riportano le caratteristiche tecniche medie di alcuni ammendanti organici (letame e compost).

Non va, però, trascurata la difficoltà di diffusione del compost di buona qualità dovuta non soltanto agli elevati costi di costruzione, gestione e manutenzione dell'impianto di compostaggio ma anche a quelli di trasporto alle aziende agricole. Alla luce di tali considerazioni appare utile favorire la diffusione di tecniche di compostaggio consolidate e semplici per la produzione di humus in campo.

Se consideriamo, invece, i soli costi per unità fertilizzante, possiamo notare come l'utilizzo del compost permetta un cospicuo risparmio economico (tab. 6).

L'utilizzo del compost permette di ridurre le emissioni di CO_2 in atmosfera, se consideriamo il minore numero di operazioni colturali per la distribuzione dei concimi minerali e la riduzione dei consumi energetici per la produzione di quest'ultimi.

	N	P	K	Mg	Fe	Totale	Costo medio
UNITÀ FERTILIZZANTI*	228	33,8	130,8	59,3	65,4	392,6	
COMPOST	€ 104,62	€ 15,60	€ 60,41			€ 180,65	€ 0,46
CONCIMI MINERALI	€ 273,60	€ 28,09	€ 156,96			€ 458,61	€ 1,20
* Unità calcolate su una quantità di 15 t/ha di compost, e considerando un prezzo medio del prodotto sfuso di 12,5 €/t.							

Tab. 6 *Unità fertilizzanti apportate con la distribuzione di 15 t ha⁻¹ di compost (peso fresco) e relativi costi medi per unità fertilizzante rispetto alle unità di fertilizzante minerali*

Infine, l'eliminazione dello smaltimento in discarica della frazione organica dei rifiuti e la sua trasformazione biologica in compost di qualità, da avviare a uso agronomico, sono da considerarsi interventi da incentivare in quanto volti a ridurre l'effetto serra.

Sarebbe utile disporre di compost con composizione chimica differenziata in modo da considerare le caratteristiche pedologiche e le necessità nutrizionali delle piante evitando eventuali squilibri e antagonismi tra elementi (in particolare per la concentrazione di elementi come calcio e magnesio).

2.2 Monitoraggio nitrati nel suolo

Date le caratteristiche dell'azoto (elemento lisciviabile), unitamente al fatto che è disponibile a seguito del processo di mineralizzazione e il suo alto potenziale inquinante, gli apporti di questo elemento richiedono una valutazione attenta delle disponibilità nel suolo in particolare in caso di apporti di materiale organico o inerbimento. È generalmente accettato che nel caso in cui è disponibile un livello di nitrati tra 15 e 20 ppm che equivalgono a poco meno di 25-30 kg di azoto per ettaro (0,5 m di profondità; 1,4 t/ha densità apparente, metodo irriguo che bagna l'intera superficie) non è consigliabile somministrare altro azoto.

Considerato che il processo di mineralizzazione è influenzato da qualità e quantità di materiale organico disponibile e delle caratteristiche ambientali che ne influenzano la degradazione, è importante conoscere l'andamento della disponibilità di nitrati nel suolo. In figura 7 un esempio di andamento dei nitrati misurati in suoli con diversa modalità di gestione. In questo modo si interviene con eventuali apporti minerali solo in caso sia necessario compensare le basse disponibilità di azoto dovute al rallentamento del processo di mineralizzazione e/o elevato assorbimento delle piante (incluso il cotico erboso).

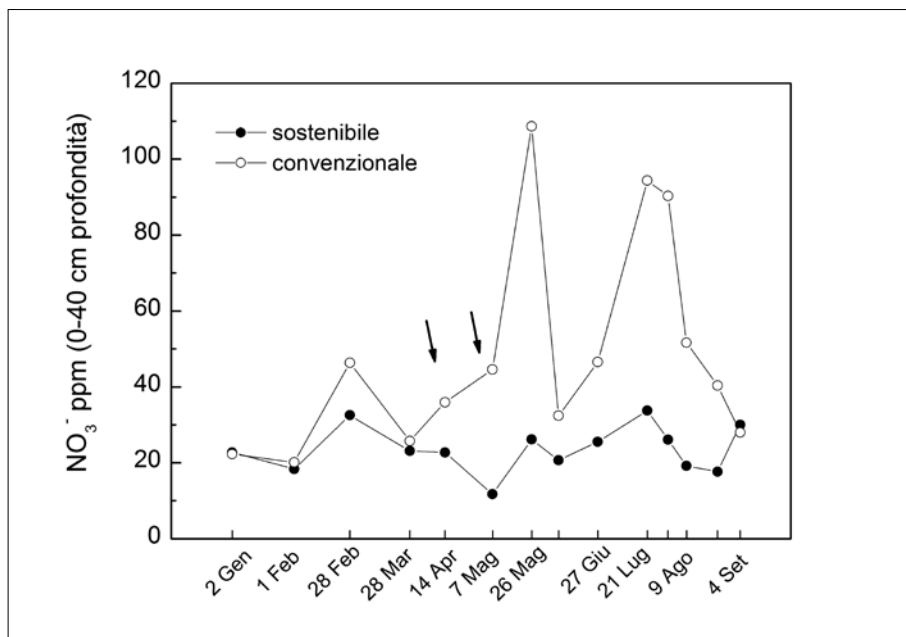


Fig. 7 Andamento dei nitrati in un suolo gestito secondo tecniche sostenibili (inerbimento, applicazioni di compost, legno della potatura trinciato) a confronto con uno gestito in modo convenzionale (lavorazioni, uso di concimi minerali, bruciatura residui di potatura). Si noti come il livello dei nitrati è piuttosto stabile durante la stagione nella gestione “sostenibile” a significare un certo equilibrio tra assorbimento e rilascio di NO_3^- mentre nel caso del suolo gestito in modo convenzionale si può incorrere in picchi di disponibilità elevate di nitrati. La freccia indica l'intervento fertilizzante (tratto da Montanaro et al., 2010)

2.3 Carbon Footprint

Negli ultimi anni il metodo della valutazione del ciclo vita chiamato *Life Cycle Assessment* (LCA) è stato largamente accettato quale nuovo strumento per la valutazione ambientale dei cicli produttivi, in merito alla determinazione dei gas serra prodotti dalle attività umane. Anche nel settore agricolo e agroalimentare numerose aziende hanno riconosciuto le potenzialità della procedura, sia come mezzo di supporto alle prestazioni «ambientali» del prodotto, sia come opportunità di marketing aziendale per intercettare la clientela attenta alla salvaguardia ambientale. Output dell'analisi LCA maggiormente utilizzato come indicatore è l'impronta del carbonio, conosciuta a livello internazionale come *carbon footprint* (CF). Misurare la CF di un prodotto ortofrutticolo, lungo tutto il suo ciclo di vita, è un modo efficace per raccogliere

	SOSTENIBILE	CONVENZIONALE	PRODUZIONE	ANNI DI CICLO	PIANTE PER ETTARO
	Kg CO ₂ / t		t ha ⁻¹	n.	n.
Olivo	-176	+122	12	40	333
Vite	-80	+82	8	20	4.400
Albicocco	-68	+115	25	20	400
Actinidia	-40	+161	30	30	625

Tab. 7 *Risultati dell'analisi LCA integrata considerando la variazione del contenuto di carbonio nel suolo e il sequestro di CO₂ atmosferica nella biomassa delle piante a fine ciclo in frutteti a gestione sostenibile (non-lavorazione, riciclo materiale di potatura, inerbimento) e convenzionale (suolo lavorato, solo concimazione minerale, bruciatura residui potatura)*

informazioni relative alle emissioni di gas serra e intervenire per ridurre tali emissioni, identificare le opportunità di risparmio sui costi delle emissioni, intraprendere azioni per la mitigazione e la loro neutralizzazione e dimostrare chiaramente la volontà aziendale nel ridurre l'impatto sull'ambiente.

Nel settore frutticolo la CF è ormai una realtà acquisita e in rapida espansione, grazie soprattutto all'interesse dei consumatori verso i temi della salvaguardia ambientale e della salubrità dei prodotti alimentari.

Gli input produttivi, tramite software dedicati, vengono tradotti in quantità di emissioni di gas serra (kg CO_{2eq}) mediante le informazioni contenute in diversi database (Ecoinvent v. 3 2013, Ideamat, ecc.) che assegnano un fattore di emissione a ciascun elemento produttivo. Per il calcolo dell'impronta del carbonio, tutte le emissioni vengono poi sommate ed espresse in kg di CO_{2eq} per l'unità funzionale scelta. Il calcolo della CF di prodotto è regolamentato dalla procedura ISO 14067:2013.

Nella tabella 7 sono riportati i risultati di LCA effettuati su siti commerciali del metapontino.

Si evidenzia come per tutto il ciclo vita i frutteti gestiti in modo sostenibile presentano valori negativi in termini di chilogrammi di CO₂ per tonnellata di frutta prodotta. Questo significa che il frutteto è in grado di essere un Sink e pertanto intercettare CO₂ dall'atmosfera e stockarlo nelle strutture vegetali e nel suolo. I sistemi convenzionali emettono CO₂ in atmosfera. Nel Metapontino alcune organizzazioni di produttori hanno iniziato a utilizzare anche da un punto di vista commerciale tale tipo di certificazione, al fine di assicurare al consumatore una garanzia di qualità e rispetto per l'ambiente e allo stesso tempo migliorare la competitività dei prodotti dei propri associati. A titolo di esempio si vedano i risultati del progetto "FruttPrint" condotto fra gli associati della OP Assofruit-Italia con il supporto del Min. Ambiente (<http://carbon.frutthera.it/>).

3. TRASFERIMENTO TECNOLOGICO SU LARGA SCALA

Il trasferimento tecnologico rappresenta una sfida per il settore in quanto esistono ancora delle limitazioni nel modello organizzativo della divulgazione che non permettono il naturale passaggio delle conoscenze dai centri di ricerca agli operatori del settore. Uno dei problemi sostanziali è rappresentato dalla non adeguata formazione degli operatori (tecnici, agricoltori sperimentatori ecc.).

Spesso il lancio di sistemi di assistenza o supporto alle decisioni in termini di gestione (per. es. irrigazione, fertirrigazione, ecc.) non è preceduto da un'adeguata fase di collaudo e implementazione eseguita su scala aziendale congiuntamente da esperti, ricercatori, tecnici di campo e imprenditori agricoli. Tale fase permetterebbe di affrontare le questioni critiche con i tecnici, renderli partecipi di questo processo, in modo da trasferire anche le conoscenze e le modalità di interazione. Se queste fasi di collaudo e implementazione venissero fatte anche con gli utenti finali, questi sarebbero più consapevoli e pronti a recepire e applicare le innovazioni e magari a migliorarle.

Riteniamo vi sia ancora una forte necessità di formazione e *training on the job*. Molti operatori tecnici non sono in grado di intervenire, con opportuna cognizione di causa, nel gestire gli strumenti innovativi oggi in disposizione, che comunque necessitano di essere collaudati e implementati in situ al fine di raggiungere una reale ottimizzazione della gestione dell'irrigazione.

Le Organizzazioni di Produttori (OP e AOP) rappresentano un modello organizzativo di grande interesse per il trasferimento tecnologico in quanto tra le loro finalità appunto vi è quello della ottimizzazione dei processi produttivi degli associati. Ad esempio, la OP-SIBARIT utilizza già con successo un sistema informatizzato basato su WEBGIS, per cui tutti i campi sono geo-referenziati, e un software fornisce informazioni sugli interventi eseguiti e da eseguire (principalmente concimazione e trattamenti fitosanitari). La transizione verso modelli intelligenti di supporto alle decisioni è delicato e deve essere accompagnato da esperienze implementazione e validazione direttamente in campo.

RINGRAZIAMENTI

Lavoro svolto nell'ambito dei Progetti Misura 124 del PSR Basilicata 2007-2013 IQUASOPO (Innovazione per la QUALità e la SOstenibilità della produzione Ortofrutticola), OTIROL (OTtimizzazione dell'IRrigazione per

l'Ortofrutta Lucana), InnoFrutto "Applicare su scala aziendale un modello di agricoltura sostenibile e quindi applicare protocolli validati da soggetti di ricerca in altri agrosistemi, con l'obiettivo di migliorare la fertilità dei suoli, aumentare lo stoccaggio di CO₂ e validare un modello di certificazione del carbonio".

RIASSUNTO

I cambiamenti climatici degli ultimi decenni hanno determinato un notevole impatto sul settore agricolo aumentando, in molti casi, l'incertezza sul livello di produzione. In risposta a tali cambiamenti si sta diffondendo l'uso di pratiche agricole che rientrano negli obiettivi della *Climate Smart Agriculture*. Il Sud Italia presenta alcune peculiarità a livello pedo-climatico che devono essere considerate per ottimizzare la risorsa idrica e migliorare la risorsa suolo, attraverso diverse strategie di gestione a livello aziendale.

L'individuazione di specie e cultivar che meglio si adattano a condizioni di ridotta disponibilità idrica ed elevate temperature permette di ottenere rese e qualità elevate. L'utilizzo di indici relativi all'impiego di risorse quali l'acqua (es. *water footprint*) e all'impatto sulle emissioni di CO₂ (*carbon footprint*) potrebbero facilitare l'ottimizzazione dei processi produttivi per migliorare l'uso delle risorse naturali e ridurre gli impatti e favorire produzioni di qualità e rispettose dell'ambiente.

ABSTRACT

At global level, the climate changes of recent decades have resulted in a significant and visible impact on the agricultural sector. In response to these changes it is spreading the use of agricultural practices that meet the objectives of the "Climate Smart Agriculture". Southern Italy has some peculiarities in climate that must be considered to optimize water resources and improve soil resources, through various management strategies at farm level. The identification of species and cultivars that are best suited to conditions of low water availability and high temperatures allows to obtain high yields and quality. The use of certifications such as water footprint (WF) and carbon footprint (CF) provide a product of high quality and environmentally friendly.

BIBLIOGRAFIA

- ALLAN J.A. (1998): *Virtual water: a strategic resource, global solutions to regional deficits*, «Ground Water», 36, pp. 545-546.
- DICHIO B., XILOYANNIS C., SOFO A., MONTANARO G. (2007): *Effects of post-harvest regulated deficit irrigation on carbohydrate and nitrogen partitioning, yield quality and vegetative growth of peach trees*, «Plant and Soil», 290, 127-137.

- DICHIO B., MONTANARO G., XILOYANNIS C. (2011): *Integration of the regulated deficit irrigation strategy in a sustainable orchard management system*, «Acta Hort.», 889, pp. 221-226.
- ESPOSITO S., ALILLA R., BELTRANO M.C., DAL MONTE G., DI GIUSEPPE E., IAFRATE L., LIBERTÀ A., PARISSE B., RAPARELLI E., SCAGLIONE M. (2014): *Atlante italiano del clima e dei cambiamenti climatici*, Roma, 29-30 ottobre 2014, Centro Congressi Palazzo Rospigliosi.
- FAO (2010): *“Climate-Smart” Agriculture Policies, Practices and Financing for Food Security, Adaptation and Mitigation*, Food and Agriculture Organization, Rome.
- HABERL H., ERB K.H., KRAUSMANN F., GAUBE V., BONDEAU A., PLUTZAR C., GINGRICH S., LUCHT W., FISCHER-KOWALSKI M. (2007): *Quantifying and mapping the human appropriation of net primary production in earth's terrestrial ecosystems*, «Proceedings of the National Academy of Science», 104, pp. 12942-12947.
- HOEKSTRA A.Y. (2009): *Human appropriation of natural capital: a comparison of ecological footprint and water footprint analysis*, «Ecol. Econ.», 68, pp. 1963-1974.
- HOEKSTRA A.Y., HUNG P.Q. (2002): *Virtual water trade: A quantification of virtual water flows between nations in relation to international crop trade*, Value of Water Research Report Series No 11, UNESCO-IHE, Delft, Netherlands, www.waterfootprint.org/Reports/Report11.pdf
- HOEKSTRA A.Y., MEKONNEN M.M. (2012): *The water footprint of humanity*, «Proc. Natl. Acad. Sci. USA», 109, pp. 3232-3237.
- IPCC (2007): Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. M.L. Parry, O.F. Canziani, J.P. Palutikof, P.J. van der Linden and C.E. Hanson (eds), in *Climate Change 2007, Fourth Assessment Report*, Intergovernmental panel on Climate Change, Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, online at: http://www.ipcc.ch/publications_and_data/ar4/wg2/en/contents.html
- ISO 14046 *Environmental management - Water footprint – Principles, requirements and guidelines*, First edition 01-08-2014.
- LUGATO E., PANAGOS P., BAMPA F., JONES A., MONTANARELLA L. (2014): *A new baseline of organic carbon stock in European agricultural soils using a modelling approach*, «Global Change Biology», 20, pp. 313-326, doi: 10.1111/gcb.12292.
- MARLAND G., GARTEN JR. C.T., POST W.M., WEST T.O. (2004): *Studies on enhancing carbon sequestration in soils*, «Energy», 29, pp. 1643-1650.
- MEKONNEN M.M., HOEKSTRA A.Y. (2014): *Water footprint benchmarks for crop production: A first global assessment*, «Ecol. Indic.», 46, pp. 214-223.
- MONTANARO G., CELANO G., DICHIO B., XILOYANNIS C., (2010): *Effects of soil-protecting agricultural practices on soil organic carbon and productivity in fruit tree orchards*, «Land Degradation and Development», 21 (2), pp. 132-138, DOI: 10.1002/ldr.917.
- MONTANARO G., DICHIO B., BRICCOLI BATI C., XILOYANNIS C. (2012): *Soil management affects carbon dynamics and yield in a Mediterranean peach orchard*, «Agriculture, Ecosystems and Environment», 161, pp. 46-54, DOI: 10.1016/j.agee.2012.07.020.
- SMITH P., MARTINO D., CAI Z., GWARY D., JANZEN H.H., KUMAR P., MCCARL B., OGLE S., O'MARA F., RICE C. ET AL. (2007): *Policy and technological constraints to implementation of greenhouse gas mitigation options in agriculture*, «Agric. Ecosyst. Environ.», 118, pp. 6-28.
- SOFO A., PALESE A.M., CASACCHIA T., CELANO G., RICCIUTI P., CURCI M., CRECCHIO

- C., XILOYANNIS C. (2010): *Genetic, Functional, and Metabolic Responses of Soil Microbiota in a Sustainable Olive Orchard*, «Soil Sci.», 175, 2, pp. 81-88.
- XILOYANNIS C., LARDO E., MONTANARO G., DICHIO B., CELANO G., NUZZO V., AROUS A., MININNI A., TUZIO A.C., FIORE A., PALESE A.M., XYLOGIANNIS E., QUINTO G.A., LISTA S., PERSIANI A., CARLUCCI G., LATERZA D., PASTORE V. (2015): *Ridurre lo spreco e aumentare l'efficienza della risorsa idrica nel frutteto*, «Informatore Agrario», 12 (suppl. n. 1), pp. 5-10, ISSN: 0020-0689.
- XILOYANNIS C., DICHIO B., GUCCI R., MASSAI R., PONI S. (2012): *L'acqua e gli apporti irrigui*, in *Arboricoltura Generale*, Patron Editore, Bologna, pp. 399-424.
- XYLOGIANNIS A., A. SOFO, G. MONTANARO, A.N. MININNI, B. DICHIO (2015): *Preliminary Assessment of ABA Concentration in Roots of Drip Irrigated Peach Trees*, «Acta Hort», in press.

Modelli di impianto e modelli di impresa: le scelte flessibili

PREMESSA: LE SCELTE POSSIBILI

Le frutticoltura presenti sul territorio italiano sono numerose e diversificate per obiettivi e per tipologia di azienda. In questa diversità si può trovare la chiave della sostenibilità economica e ambientale di alcune frutticoltura territoriali, ma anche il motivo del declino della prevalenza della nostra frutticoltura sul mercato della frutta globale, europeo in particolare. La grande ricchezza di genotipi e di tecniche di coltivazione che si è accumulata nel tempo nei diversi territori è infatti in continua lotta con il rinnovamento varietale e tecnico necessario per affrontare un mercato sempre più esigente di prodotti di qualità standardizzata. La risposta a questo scontro deve essere articolata e flessibile, come flessibili sono le aziende nelle scelte tecniche e impiantistiche. Infatti, in risposta ai diversi mercati e alle diverse situazioni socio-economiche (familiari e territoriali) si rendono convenienti “diverse scelte tecniche”.

Il risultato è una forte evoluzione dei sistemi d'impianto con una comune tendenza all'intensificazione, al fine di ridurre il periodo improduttivo, raggiungere rapidamente la piena produzione e facilitare la diffusione della meccanizzazione per ridurre l'impiego di manodopera per unità di prodotto. In questo quadro possiamo trovare fattori comuni alle diverse frutticoltura e condizioni specifiche. Dai sistemi tradizionali (vaso e palmetta e rispettive varianti) si è passati per le forme in parete al fusetto (fig. 1), soprattutto laddove sono presenti rischi di gelate tardive per irraggiamento che danneggiano soprattutto i primi due metri, e coperture antigrandine, e per le forme in volume al vaso basso (spagnolo o catalano; figg. 2, 3, 4). Condizione comune di

* *Centro di Ricerca per la Frutticoltura, CREA-FRU, Roma*

Fusetto di pesco con portinnesto debole e alta densità (4,5x1,5 m)



Fig. 1 *Le moderne forme in parete a fusetto*

Prima stagione di crescita

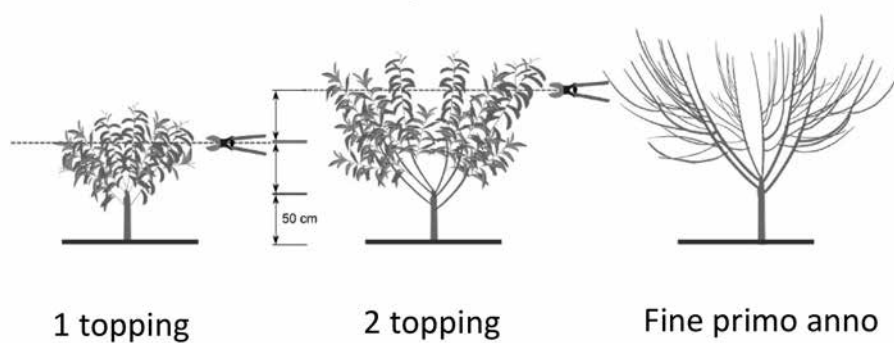


Fig. 2 *Operazioni di potatura verde sul vasetto catalano di pesco durante il 1° anno*

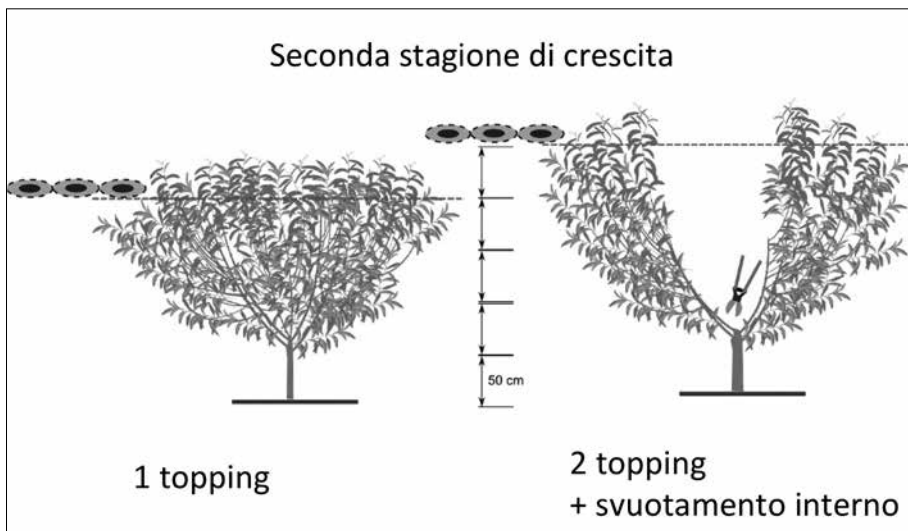


Fig. 3 *Meccanizzazione della potatura verde del vasetto catalano di pesco durante il 2° anno con due topping primaverili estivi e svuotamento manuale della parte centrale a fine estate*



Fig. 4 *Vasetto catalano realizzato in Basilicata in piena produzione*

questi cambiamenti è la necessità di interventi in verde; fattore indispensabile per il fusetto è la disponibilità di materiali vivaistici adeguatamente predisposti, in particolare di astoni rivestiti di rami anticipati di buona qualità. Mentre specifica per il vasetto basso è la possibilità di utilizzare piante innestate in contenitore in fase di crescita senza arresto al trapianto con impianto di irrigazione efficiente e una buona preparazione del terreno. In effetti al sud il vaso diventa “anticipato” nelle scelte e sfrutta la potatura verde per la formazione in stagioni vegetative molto lunghe con elevate disponibilità di risorse (irrigazione e concimazioni, Neri e Massetani, 2011). Mentre al nord in un’ottica di contenimento dei costi d’impianto, il vaso “ritardato” mantiene ancora un forte interesse per aree collinari o di pianura a basso rischio di ritorni di freddo primaverili, grazie alla gestione interamente da terra, alla bassa densità e alla pochissima potatura verde (Neri, 2012).

La domanda che sorge spontanea è se il crescente livello di intensificazione presenti criticità nel medio-lungo periodo e se i sistemi di allevamento più diffusi siano sostenibili da un punto di vista tecnico-economico e ambientale.

BILANCI ENERGETICI

I bilanci energetici che sottendono le fasi di produzione dei frutti e la crescita delle piante e che caratterizzano le operazioni colturali possono fornire indicazioni per una gestione sostenibile dei frutteti. La finalità della gestione rimane il raggiungimento di un’efficienza produttiva e qualitativa degli alberi elevata, costante e duratura; a tal fine, la gestione del frutteto deve essere adeguata in modo che l’energia sia il più possibile orientata, sotto forma di assimilati, verso gli organi interessanti dal punto di vista economico, senza eccessive dispersioni e senza squilibri. Infatti, produrre sostanza secca in elevata quantità non è un obiettivo sufficiente se la successiva allocazione non avviene in modo da privilegiare la quantità e la qualità dei frutti e il rinnovo delle strutture produttive nel tempo. Il bilancio tra produzione di assimilati e loro consumo (definito come rapporto source-sink), inoltre, è variabile nel corso della stagione, in funzione della diversa prevalenza delle attività vegetative e produttive, e può essere alterato dagli interventi colturali (Blanke, 2009).

Come è noto la produttività e il bilancio energetico di un frutteto dipendono dall’interazione del potenziale genetico della pianta con i fattori naturali e colturali. La fonte di energia che permette la formazione degli assimilati nelle piante da frutto è l’energia luminosa, trasformata attraverso i processi di fotosintesi in energia di legame chimico. Tali processi avvengono anche

nelle specie erbacee che compongono l'inerbimento, e questo contribuisce al bilancio generale del carbonio nel frutteto, con importanti effetti sulla fertilità del terreno (contenuto e qualità della sostanza organica) e quindi sulla sostenibilità delle produzioni. Non va infine trascurata la quota di energia immessa dall'uomo nel sistema frutteto per compiere le operazioni meccaniche funzionali alla coltivazione.

Per specie che fruttificano su rami corti è necessario intensificare l'impianto per poter raggiungere al più presto una efficiente occupazione dello spazio, stimolando la piena maturità dell'albero con dimensioni ridotte. Portinnesto nanizzante e densità di 3000 alberi per ettaro sono la regola per il melo, e lo stanno diventando per il pero e il ciliegio, ovvero per le specie che possono produrre sui rami corti (lamburde o dardi). Tuttavia in numerose situazioni può risultare conveniente concedere all'albero un paio di anni di vegetatività iniziali (la tradizionale fase di allevamento) cui far seguire una fase di rapido invecchiamento (maturità riproduttiva ed equilibrio vegeto-riproduttivo). Ecco il vaso basso del ciliegio e il vaso multiasse che hanno crescite "lunghe e vegetative" per due anni e poi crescite corte negli anni seguenti.

Per le specie che fruttificano sui rami misti, le densità più elevate trovano il limite nella disponibilità di spazio minimo per rinnovare i rami misti di 30-50 cm. Questo porta a una distanza sulla fila di non meno di un metro ovvero la soglia non dovrebbe superare 2500 alberi per ettaro con assi colonnari e se si vuole mantenere una buona facilità di rinnovo dei rami misti si troverà un ottimo attorno a 1000-1200 alberi ettaro per i fusetti. In questo caso il portinnesto non può essere nanizzante ma neanche eccessivamente vigoroso. E le tecniche di coltivazione dovranno essere coerenti con questo punto di partenza (figg. 5 e 6).

La valutazione di alcuni bilanci energetici in Emilia Romagna (Neri, in stampa) è stata utile per identificare, a livello generale, alcuni punti di forza e di debolezza degli impianti con diversa densità, pur senza soffermarsi molto sulle peculiarità dei diversi sistemi di impianto e sulle diverse specie, cui devono essere dedicate analisi approfondite per ciascun caso reale (portinnesto, varietà, ambiente, tecnica di coltivazione). Ciò che primariamente distingue impianti di diversa densità è la distanza tra le piante, parametro che condiziona fortemente la possibilità di espansione dei sistemi aereo e radicale. Lo spazio negli impianti a elevata densità viene occupato rapidamente dalle strutture vegetative e comporta l'arresto precoce della crescita delle radici e dei germogli, che pertanto risultano prevalentemente di lunghezza ridotta (brachiblasti, dardi, brindilli). Questa tipologia di rami è caratterizzata da un periodo di sviluppo breve, sorretto da un ritmo di crescita moderato e da



Fig. 5 *Ramo misto di pesco con abbondante fruttificazione*

una elevata tendenza riproduttiva (Zucconi, 2003; Belleggia et al., 2009). La forte interazione fra genotipi (portinnesto varietà) comporta che non ci sia una soluzione unica a livello di potatura, un tipico esempio si ha per il ciliegio per il quale è possibile oggi confrontarsi con un quadro sinottico che in base alle caratteristiche genotipiche e fenotipiche suggerisce qual è la tipologia di potatura migliore (Neri et al., 2014).

Le foglie attive per la fotosintesi dei brachiblasti vengono tutte formate in un arco di tempo relativamente breve e raggiungono la maturità pressoché contemporaneamente. A livello energetico, questo comporta che la fotosintesi giornaliera di una pianta di piccole dimensioni, presente in un impianto ad alta densità, nel corso della stagione raggiunga precocemente i valori massimi possibili di fotosintesi. Mentre la crescita dei germogli in piante grandi è caratterizzata da una maggiore durata, con la formazione di germogli lunghi, in cui nuove foglie continuano a formarsi durante la stagione, raggiungendo la massima attività fotosintetica in tempi successivi. Questo comporta che in impianti ad alta densità i valori di fotosintesi per pianta risultino molto inferiori rispetto a quelli di piante di grandi dimensioni, presenti in impianti a

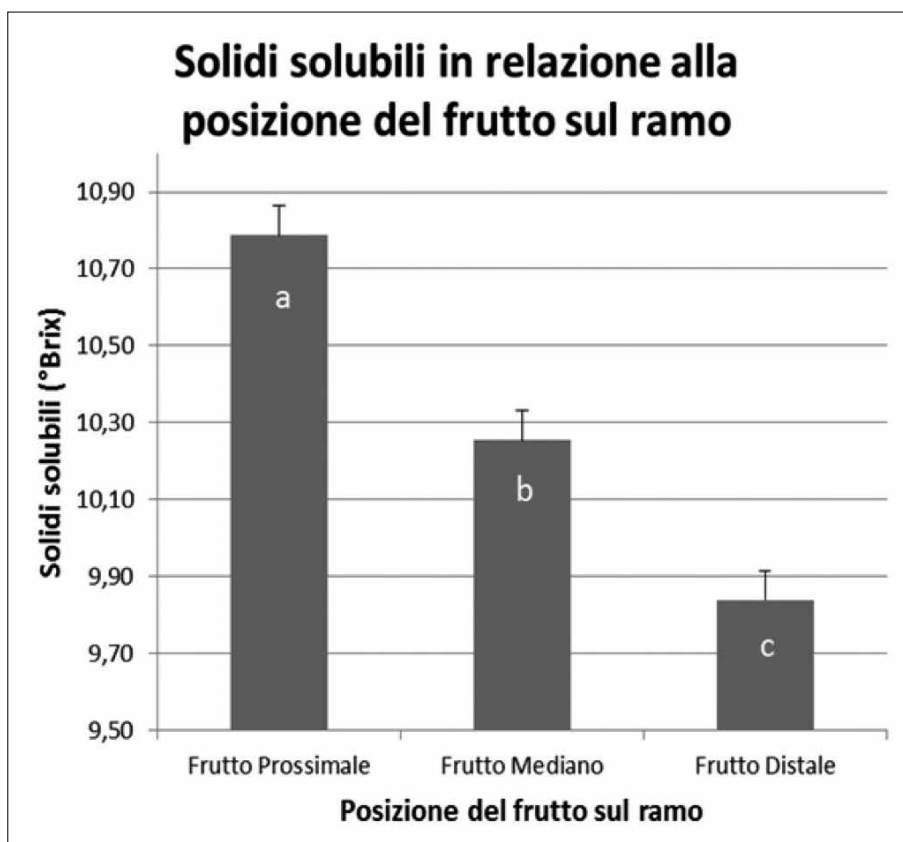


Fig. 6 *La qualità dei frutti è maggiore nella porzione mediana e basale del ramo*

bassa densità, ma che nel complesso si possa raggiungere un valore per ettaro superiore. Questo è il caso del fusetto del pesco che nella stima effettuata in Romagna è risultato superiore al vasetto.

L'andamento della fissazione di carbonio giornaliera mette in evidenza i periodi freddi e nuvolosi che si verificano durante la stagione vegetativa, e che fanno registrare i corrispondenti abbassamenti di attività. Va sottolineato che la qualità dei frutti e l'efficienza di germogli corti risultano maggiormente condizionate dalla situazione ambientale del periodo ristretto di tempo durante il quale si sono formati, con una maggiore esposizione all'aleatorietà dell'andamento atmosferico. D'altra parte negli impianti ad alta densità, la formazione della parete vegetale avviene a partire da un numero elevato di centri di crescita (fig. 7), mentre negli impianti a bassa densità questi sono limitati nel numero. La crescita descritta nelle due tipologie impiantistiche comporta una serie di



Fig. 7 *Ciliegio Van su portinnesto nanizzante ad alta densità, con copertura antipioggia*

criticità nella gestione che devono essere correttamente affrontate con appropriate tecniche colturali (irrigazione, fertilizzazione, potatura).

L'accumulo di sostanza secca all'interno della pianta nel corso dell'intera stagione avviene con una prima fase di crescita esponenziale successiva al germogliamento e una fase di crescita lineare per poi subire l'arresto a fine stagione. Esso è condizionato dall'andamento giornaliero dell'assimilazione e pertanto risulta più alto nelle piante più voluminose dei sistemi a bassa densità (come nel vasetto del pesco), per le quali i valori massimi vengono raggiunti più tardi, in prossimità della fine della stagione vegetativa. Nel caso in cui la gestione preveda importanti interventi di potatura verde, l'asportazione di biomassa comporta una riduzione dell'accumulo complessivo di sostanza secca nella pianta (come nel fusetto dell'albicocco). È bene ricordare che la sostanza secca accumulata nella pianta viene formata grazie alla fissazione di CO_2 sottratta all'atmosfera, inserendo le piante in un più ampio ciclo del carbonio (Lakso et al., 2000; Silvestroni et al., 2004). Quindi in questo caso l'effetto di intrappolamento del carbonio nel frutteto viene ridotto.

L'ampia differenza tra i sesti d'impianto per i diversi sistemi è alla base di un bilancio complessivo del carbonio nel frutteto che vede un accumulo di so-

stanza secca per ettaro maggiore in sistemi ad alta densità (es. fusetto del pesco) caratterizzati da un elevato numero di piante, oppure in sistemi multiasse del ciliegio a minore densità ma con efficiente occupazione dello spazio da parte di piante molto vigorose e di potatura minima. Ci sono ovviamente differenze tra sistemi di allevamento e peculiarità impiantistiche. È utile richiamare l'attenzione sulla possibilità di ottenere elevati quantitativi di assimilazione nei sistemi intensivi, tenendo presente che l'assimilazione indica la quota di carbonio convertita in molecole organiche e che la quota fissata nella porzione aerea della pianta è costituita da legno dell'anno (in parte rilasciato a terra come materiale di potatura), foglie (tutte rilasciate a terra quando senescenti) e dalla produzione, asportata con la raccolta dei frutti. In questi sistemi solo una parte ridotta viene destinata all'accumulo nelle strutture permanenti.

Anche le radici e le strutture di trasporto possono incidere sulla ripartizione finale richiamando percentuali significative (anche il 25%) del totale fotosintetizzato. L'effettiva ripartizione dell'assimilazione tra le diverse strutture è la discriminante in grado di determinare l'efficienza produttiva e la sostenibilità economica di un impianto, maggiore quanto più si riesce a orientarla verso i frutti, attraverso l'adeguamento delle tecniche colturali. Ricoprono pertanto estrema importanza la gestione nutrizionale, idrica e l'applicazione della potatura verde, per modulare la crescita vegetativa (Neri e Massetani, 2011; Murri et al., 2012 a, b; Polverigiani et al., 2012).

La presenza dei frutti è, a sua volta, un fattore di controllo della crescita vegetativa che richiede l'adeguamento tecnico della gestione del frutteto. La preponderante ripartizione degli assimilati verso i frutti è stata generalmente confermata dalla comparazione dei dati energetici con i dati produttivi nei sistemi di allevamento intensivi. Nella valutazione complessiva dei sistemi di impianto si dovrà tenere conto anche dei tempi di raggiungimento delle dimensioni finali e della piena produzione, che devono essere rapidi negli impianti ad alta densità per poter compensare lo sforzo impiantistico.

SOSTENIBILITÀ

Con la presenza del cotico erboso si può avere un utilizzo proficuo della quota di luce che arriva a terra e che generalmente viene considerata persa. Il bilancio della sostanza organica del terreno è importante per la sostenibilità delle coltivazioni. Va sottolineato che la non lavorazione riduce la mineralizzazione della sostanza organica e l'inerbimento, se opportunamente diversificato, è promotore di un grado elevato di biodiversità (con molte specie presenti e di

diverso comportamento dell'apparato radicale durante l'anno e nel profilo) pur in presenza di una coltura arborea composta da cloni. Senza inerbimento e con continue lavorazioni per mantenere la fertilità del suolo nel tempo bisognerebbe prevedere l'apporto esterno di sostanza organica con aggravio dei costi di coltivazione.

Nei terreni inerbiti, c'è una diminuzione della perdita di sostanza organica (meno erosione e meno respirazione ovvero meno mineralizzazione) e in secondo luogo si ha maggior reintegro della sostanza organica mineralizzata (1-2 % del totale presente ogni anno) grazie ai residui delle diverse specie erbacee. Nel suolo, bisogna considerare diversi possibili input di biomassa, provenienti dai residui di potatura, dalle foglie che cadono a terra, dal turnover radicale e dallo sfalcio dell'inerbimento. Se la produzione di biomassa secca da parte della specie coltivata va da 10 a 20 t/ha, quella prodotta dalle piante erbacee presenti nell'inerbimento va da 1 a 5 t/ha per anno corrispondenti a un reintegro massimo di 1,5 t/ha per anno di humus, con un coefficiente di umificazione del 30%. Questa quantità è significativa in quanto, sebbene una quota dei residui venga decomposta (mineralizzata) e rilasci nuovamente carbonio nell'atmosfera (respirazione della microflora del terreno), può innescare un ciclo umificativo virtuoso della sostanza organica nel terreno che, nel corso della vita del frutteto, induce favorevoli ripercussioni sulla fertilità del suolo.

Un'ultima considerazione va riservata agli input esterni introdotti nel frutteto e agli interventi meccanici necessari per la sua gestione. Le strategie di difesa, sebbene attuate secondo una logica di basso impatto ambientale, hanno previsto negli impianti osservati quantitativi elevati di fungicidi e insetticidi con un gran numero di interventi per ettaro nei diversi ambienti di coltivazione. Ciò ha comportato un frequente ricorso al passaggio di mezzi meccanici, che può indurre una costipazione del terreno con riduzione della porosità e della struttura e rischio elevato di asfissia radicale e insediamento di patogeni delle radici. Tuttavia le differenze nel numero di interventi fitosanitari sono risultate principalmente attribuibili alle peculiarità genetiche delle diverse specie e alle contingenze climatiche piuttosto che al livello di intensificazione degli impianti.

CONCLUSIONI

Le diverse scelte tecniche possibili in frutticoltura, capaci di soddisfare le mutevoli esigenze dei produttori e garantire loro una elevata flessibilità nelle

scelte, sono molto spesso considerate diversamente sostenibili da un punto di vista ambientale, come ovviamente lo sono economicamente in funzione della diversa organizzazione aziendale e del mercato affrontato. Tuttavia le valutazioni eseguite su diversi sistemi di allevamento in Emilia Romagna, per alcune drupacee, hanno permesso di osservare alcune peculiarità di comportamento. Ad esempio il sistema fotosintetizzante all'interno del frutteto è fortemente condizionato dagli spazi disponibili e dalle strategie di occupazione degli stessi nel tempo. È la popolazione complessiva delle foglie a determinare la produzione di biomassa per unità di superficie di suolo occupata. Questa può risultare molto elevata in impianti ad alta densità, con il rischio di squilibri vegetativi in assenza di una coerente applicazione delle tecniche di coltivazione, ma al tempo stesso può dare un anticipo di entrata in produzione nei primi anni formando subito una parete continua e può cambiare la fogliazione annuale limitandola a poche settimane, senza crescite prolungate estive. Queste portano a biomasse maggiori per piante vigorose a bassa densità, e anche a una maggiore capacità di compensazione a fronte di stress ambientali. I due sistemi sono caratterizzati da un diverso grado di autonomia delle piante (maggiore in piante a bassa densità con crescite vegetative stagionali lunghe) che necessariamente comporta l'adeguamento tecnico della gestione del frutteto. Tuttavia non emergono considerazioni rilevanti per sostenere che l'uno o l'altro sia maggiormente sostenibile. Soprattutto se è presente una opportuna tecnica di gestione sostenibile del suolo che garantisca biodiversità e mantenimento del contenuto di sostanza organica.

BIBLIOGRAFIA

- BLANKE M.M. (2009): *Regulatory mechanisms in source sink relationships in plants: a review*, «Acta horticulturae», 835, pp. 13-20.
- BELLEGGIA A., NERI D., SABBATINI P. (2009): *Qualità dei rami, tipologia delle gemme e nutrienti fogliari*, «Frutticoltura», 71 (7-8), pp. 38-43.
- LAKSO A.N., WHITE M.D., TUSTIN D.S. (2000): *Simulation modeling of the effects of short and long-term climatic variations on carbon balance of apple trees*, «Acta Horticulturae», 557, pp. 473-480.
- MURRI G., MASSETANI F., GIUSTI S., FUNARI A., NERI D. (2012a): *Diverse combinazioni d'innesto del susino Fortune in terreno stanco*, «Frutticoltura», 5, pp. 42-50.
- MURRI G., MASSETANI F., NERI D. (2012b): *Produttività e qualità dei frutti in susini gestiti con potatura lunga*, «Frutticoltura», 5, pp. 22-28.
- NERI D., MASSETANI F. (2011): *Spring and summer pruning in apricot and peach orchards*, «Adv. Hort. Sci.», 25 (3), pp. 170-178.
- NERI D. (2012): *Allevamento e potatura del pesco*, in *Arboricoltura generale*, a cura di

- Sansavini S., Costa G., Gucci R., Inglese P., Ramina A., Xiloyannis C., Patron editore, Bologna, pp. 372-380.
- NERI D., LUGLI S., R. AMIDEI (2014): *Più elevate le rese e la qualità dei frutti con la potatura lunga*, «Frutticoltura», 4, pp. 18-22.
- POLVERIGIANI S., TARRAGONI A., NERI D. (2012): *Dinamica radicale dell'albicocco innestato su mirabolano in terreni pacciamati ed inerbiti*, «Frutticoltura», 5, pp. 18-21.
- SILVESTRONI O., MATTIOLI S., MANNI E., NERI D., SABBATINI P., PALLIOTTI A. (2004): *Seasonal dry matter production in field-grown Sangiovese and Montepulciano grapevines (Vitis vinifera L.)*, «Acta Horticulturae», 640, pp. 127-133.
- ZUCCONI F. (2003): *Nuove tecniche per i fruttiferi*, Edagricole, Bologna.

La nuova olivicoltura nel contesto italiano tra alta qualità e sostenibilità

IL NECESSARIO RINNOVAMENTO DEL COMPARTO OLIVICOLO ITALIANO

Secondo il Consiglio Oleicolo Internazionale (COI) la produzione mondiale di olio d'oliva è aumentata di pari passo con i consumi attestandosi, nel 2013, su circa 3,2 milioni di t.

Il principale Paese produttore è la Spagna, con 1,77 milioni di t di olio prodotto, seguita dall'Italia con circa 403.000 t (COI 2013).

L'assetto strutturale dell'olivicoltura italiana, caratterizzato dalla spinta alla polverizzazione aziendale e dal prevalere di impianti tradizionali eterogenei per condizioni ambientali e colturali, limita la possibilità di ridurre i costi di produzione e di aumentare la produttività, con conseguente perdita di competitività. Considerato che i quantitativi di olio annualmente prodotti sono largamente inferiori ai consumi nazionali (circa 600.000 t/anno) e che il nostro Paese è il primo importatore mondiale di olio di oliva (481.000 t/anno, Ismea 2013), sussistono i presupposti per investire in questo comparto, attraverso un progressivo rinnovamento di buona parte degli impianti esistenti e l'ampliamento delle superfici investite. Relativamente alle nuove piantagioni, sono essenzialmente due i sistemi di impianto che attualmente vengono proposti: *intensivo* e *superintensivo* (figg. 1 e 2).

Il modello intensivo, affermato sia nei Paesi produttori tradizionali sia in quelli emergenti, è caratterizzato da densità di impianto di 200-400 piante/ha, ottenute distanziando le piante 5-6×4-5m o 7-8×6-7 m, in rapporto al vigore della cultivar e alle condizioni pedoclimatiche e agronomiche più o

* Dipartimento di Scienze Agrarie e Forestali, Università di Palermo

** Dipartimento di Scienze Agrarie, Alimentari e Ambientali, Università di Perugia



Fig. 1 *Oliveto intensivo con piante allevate in volume*



Fig. 2 *Giovane oliveto superintensivo*



Fig. 3 *Pianta di olivo allevata a vaso policonico*

meno favorevoli alla crescita vegetativa. Ai fini della meccanizzazione della raccolta, effettuata con vibrator di tronco muniti di ombrello intercettatore,



Fig. 4 *Raccolta meccanica di pianta di olivo allevata a vaso con vibratore da tronco munito di ombrello rovescio*

la forma di allevamento più utilizzata è il “Vaso policonico” costituito da un tronco singolo sul quale si articolano tre-quattro branche principali, impalcate a 100-120 cm di altezza, ben spaziate e che formano un angolo di 30-35° rispetto all’asse verticale (figg. 3 e 4). Per favorire la regolare illuminazione anche delle branchette fruttifere inserite nelle parti inferiori e più interne della chioma, alla vegetazione inserita sulle branche principali deve essere impressa una conformazione conica, sottile nella parte distale, con cima sveltante, più spesso in quella prossimale. L’altezza totale della pianta non deve superare i 4-4,5 m e il volume complessivo della chioma dovrebbe oscillare tra 40 e 60 m³ in rapporto al vigore e portamento della cultivar e alle condizioni ambientali.

Il modello superintensivo, che da qualche anno ha trovato una certa diffusione in Spagna e in altri Paesi dove l’interesse per l’olivicoltura è più recente, prevede un investimento di 1.600-2000 piante/ha. Le piante sono disposte secondo un sesto rettangolare, con distanze di 3,5-4 x 1,3-1,5 m, e allevate ad asse verticale in modo da ottenere una parete di vegetazione per la raccolta in continuo con macchine scavallatrici, che impiegano per la raccolta circa 3 ore/ha con due soli operatori (fig. 5). La possibilità di raccogliere grandi quantità di olive in un breve lasso di tempo consente anche di migliorare la qualità degli



Fig. 5 *Raccolta meccanica di oliveti superintensivi con macchina scavallatrice*

oli: concentrare tale operazione culturale nel periodo ottimale di maturazione della cultivar permette di standardizzare la qualità dell'olio. Condizione fondamentale è che il volume dell'albero rimanga entro le dimensioni della camera di raccolta della macchina scavallatrice che, di solito, misura m 1,5 di larghezza e m 3,0 di altezza. Il contenimento dell'altezza della pianta viene effettuato attraverso interventi meccanici di *topping* (taglio orizzontale attuato per riportare l'altezza dell'albero a quella voluta), integrati da interventi manuali di rifinitura eseguiti in prossimità della parte distale della pianta; lo spessore della chioma viene invece ridotto con leggeri tagli di ritorno, in genere effettuati manualmente con agevolatori. L'impiego di manodopera per entrambi gli interventi di potatura non supera le 40 ore/ha. Le cultivar più rispondenti per il superintensivo sono quelle caratterizzate da basso vigore, autofertilità, entrata in produzione precoce (III anno), elevata produttività, buona resa in olio, maturazione dei frutti non scalare, resistenza all'occhio di pavone e alla rogna. Attualmente le cultivar che soddisfano tali requisiti sono Arbequina, Arbosana e Koroneiki che dal punto di vista produttivo e vegetativo, hanno mostrato buona plasticità

di adattamento ai diversi ambienti in cui sono state diffuse. Sotto l'aspetto qualitativo, è emersa invece una certa sensibilità agli stress ambientali (stress idrico e valori termici elevati). Ricerche collegiali condotte in Sicilia, Puglia e Umbria per valutare il comportamento agronomico della cultivar Arbequina in impianti superintensivi, hanno evidenziato, relativamente agli aspetti qualitativi, un maggior contenuto di acido oleico negli oli ottenuti negli ambienti colturali più settentrionali, dove le temperature estive e la disponibilità di acqua nel suolo non costituiscono fattori di stress. Nelle aree più calde i valori degli acidi saturi e polinsaturi, sono invece risultati più elevati. In Puglia, ad esempio, l'acido palmitico ha raggiunto valori prossimi al 20% che rappresenta il limite massimo previsto dal Reg. CEE 61/2011. Per quanto riguarda i polifenoli, le ricerche condotte hanno evidenziato una spiccata variabilità. Dal punto di vista delle caratteristiche sensoriali gli oli prodotti in tutti e tre i siti sono risultati equilibrati e mediamente fruttati con leggere differenze nel piccante e nell'amaro a favore del sito in Umbria. Nel complesso, sulla base delle caratteristiche chimiche e sensoriali rilevate, gli oli sono risultati di buona qualità.

Gli impianti superintensivi trovano convenienza economica solo in aziende di grande estensione (> di 15 ettari) e in aree particolarmente vocate (terreni con pendenza massima 10%), con buona disponibilità idrica (1.500-2.000 m³/ha), bassa umidità atmosferica, alta intensità luminosa. Purtroppo, ancora oggi, le analisi economiche sulla sostenibilità del modello superintensivo non consentono di pervenire a un giudizio univoco.

MODELLO DI IMPIANTO E OBIETTIVO PRODUTTIVO

La scelta del modello di impianto non può prescindere dalla individuazione del segmento di mercato cui destinare il prodotto che può competere sulla base del prezzo ("olio commodity") o della tipicità ("esclusività").

Da un punto di vista commerciale, l'olio commodity, essendo rivolto a un'ampia fascia di consumatori più attenti al prezzo di vendita che alle peculiari caratteristiche chimiche e sensoriali, deve rispondere alle aspettative e al gusto medio dell'acquirente che poco gradisce oli con fruttato, amaro e piccante marcati. Presupposto indispensabile per la produzione di un olio extra vergine per consumo di massa è il basso costo di produzione, che può essere raggiunto adottando modelli d'impianto che consentano alta produttività e costi di raccolta esigui. Attualmente il modello d'impianto che soddisfa tali esigenze è quello superintensivo che però, imponendo l'impiego delle poche cultivar idonee, non consente di sfruttare la biodiversità della specie. Nell'o-

livicoltura italiana, con l'affermazione di tale modello, si verrebbe quindi a perdere la tipicità degli oli, gran parte dei quali tutelati da marchi collettivi di qualità riconosciuti in ambito U.E. (DOP, IGP).

Presupposto fondamentale per la produzione di oli tipici sono le cultivar autoctone che, assieme alle particolari condizioni ambientali e colturali dei diversi distretti olivicoli, consentono di differenziare il prodotto. Ovviamente, l'olio tipico ha un mercato decisamente diverso rispetto all'olio commodity; esso è infatti destinato a consumatori esigenti, in genere di cultura e reddito medio-alti, che valutano il prodotto in base alla capacità di soddisfare specifiche esigenze edonistiche e/o nutrizionali-salutistiche per le quali sono disposti a pagare un prezzo più elevato.

Nella nuova olivicoltura detti oli potranno essere ottenuti solamente con gli impianti intensivi, adatti a tutte le cultivar.

MODELLI D'IMPIANTO AD ALTA DENSITÀ: NUOVA PROPOSTA PER L'OLIVICOLTURA ITALIANA

Il nostro Paese vanta un ampio patrimonio varietale autoctono e ha, nel tempo, assunto un ruolo da protagonista, a livello internazionale, nella produzione di oli extra vergini di oliva fortemente tipicizzati ed è proprio su questa prerogativa che si sono concretizzati i maggiori successi imprenditoriali e commerciali.

Ai fini di soddisfare l'esigenza di migliorare la sostenibilità economica degli impianti mantenendo la tipicità degli oli, sono state avviate prove volte a individuare, nell'ambito del patrimonio varietale autoctono, cultivar adatte a un nuovo modello d'impianto ad alta densità (500-1000 alberi/ha). Si tratta di impianti basati su cultivar con produzione precoce e costante e habitus vegetativo che consente la fruttificazione delle piante anche quando sono allevate secondo forme appiattite. Le piante così allevate danno luogo, lungo il filare, a "pareti continue" con chiome relativamente sottili (fino a 2,5 m), e alte (sino a 4,5 m) che consentono di intercettare grandi quantitativi di luce che, dato il modesto spessore, raggiunge anche le parti più interne e basse della chioma, con positivi risvolti sull'entità della fruttificazione. Le pareti continue possono essere raccolte con diversi tipi di macchine: scavallatrici, munite di battitori; Canopy contact, che azionano lunghi flagelli; Syde by side, con braccio scuotitore (figg. 6, 7 e 8). Questi ultimi due tipi di macchine, ancora poco diffusi in Italia, avanzando lateralmente rispetto al filare, non pongono le limitazioni delle scavallatrici nelle dimensioni della chioma. Gli ottimi risultati produttivi ottenuti nei primi dieci anni d'impianto con alcune cultivar



Fig. 6 *Raccolta meccanica di oliveto intensivo in parete con macchina tipo Canopy contact (munita di flagelli oscillanti su asse verticale)*



Fig. 7 *Giovane oliveto intensivo con piante allevate in parete*



Fig. 8 *Raccolta meccanica di oliveto intensivo in parete con vibratore da tronco e struttura di intercettazione tipo Side by side*

siciliane, lasciano ben sperare sulla possibilità di poter fare affidamento, in un prossimo futuro, anche su questo nuovo modello per poter continuare a immettere sul mercato oli “tipici” a costi sostenibili.

CONCLUSIONI

Nell’ultimo ventennio la Spagna ha tratto impulso dalla politica comunitaria attuando aggressive strategie di marketing e investendo in nuove piantagioni di olivo, mentre il comparto olivicolo in Italia è rimasto immutato sia in termini di superfici coltivate sia di modelli d’impianto. Il saldo negativo di circa 150 milioni di euro nella bilancia commerciale olivicola italiana emerso in questi ultimi anni ha sollecitato la Commissione Agricoltura della Camera a proporre e approvare una risoluzione per il rilancio, il rafforzamento e lo sviluppo dell’olivicoltura nazionale. Obiettivo prioritario di tale risoluzione, concertata con le diverse componenti della filiera olivicola, è l’incremento

della produzione attraverso la razionalizzazione della coltivazione degli oliveti tradizionali, il rinnovamento degli impianti e lo sviluppo di nuovi sistemi colturali in grado di conciliare sostenibilità ambientale ed economica. Nel nostro Paese, infatti, la variabilità dei contesti olivicoli non consente di poter puntare su un solo modello d'impianto; sistemi tradizionali, intensivi e super-intensivi dovranno coesistere e rappresentare un punto di forza per la flessibilità che potranno conferire al settore produttivo.

Per gli impianti tradizionali è difficile ipotizzare interventi tecnici che possano ripristinare una sostenibilità economica in relazione alla sola funzione produttiva. Detti impianti, che in genere hanno forti valenze ambientali e paesaggistiche, rappresentano una buona parte dell'olivicoltura italiana e dovranno essere tutelati in un'ottica di multifunzionalità, incentivando l'istituzione e l'organizzazione di gruppi d'interesse culturale in grado di promuovere il prodotto anche attraverso il valore storico e territoriale delle colture.

La produzione di olio extravergine dovrà basarsi su modelli d'impianto la cui scelta non potrà prescindere da considerazioni agronomiche e dalla strategia commerciale aziendale. La produzione di oli tipici, per i mercati di nicchia dell'alta qualità, potrà certamente continuare a fare affidamento sugli impianti intensivi, adottando, dove possibile, sistemi di certificazione ("biologico", "C free", Environmental Product Declaration, DOP, IGP, "Claims ESFA") che possono contribuire a valorizzare il prodotto. Per la produzione di oli extravergini per il consumo di massa, anche in considerazione della progressiva difficoltà nel reperire manodopera, non è escluso che il modello d'impianto superintensivo possa garantire buoni risultati economici.

Al di là del risultato che potrà essere ottenuto con i differenti modelli olivicoli, l'evoluzione del settore non potrà prescindere da un'intensa attività di ricerca e di trasferimento dei risultati al mondo produttivo per migliorare le performance (quantità e qualità) degli oliveti e la riduzione dei costi di produzione. A tal proposito sono diverse le istituzioni scientifiche italiane che da tempo hanno avviato studi su nuovi modelli d'impianto ad alta densità e con elevato grado di meccanizzazione della potatura e della raccolta, adatti a un ampio panorama varietale. Tenuto conto che in Italia il patrimonio genetico dell'olivo consta di oltre 200 cultivar certificate (Catalogo Nazionale delle varietà di olivo, Progetto Olviva), per ottenere oli tipici a prezzi contenuti è auspicabile che venga avviata un'estesa e coordinata attività di ricerca, su scala nazionale, per individuare, nei diversi contesti colturali, le cultivar più adatte ai nuovi sistemi d'impianto.

Modelli viticoli, ambientali e alta qualità enologica

PREMESSA

Da tempo ci si interroga su quali siano i modelli viticoli ideali per tenere il passo nel sempre più globalizzato e competitivo mercato del vino. Alcuni sostengono che il modello classico basato sulla viticoltura di “terroir” in cui molto è lasciato alla naturale vocazionalità del territorio e alla capacità dello stesso di fare esprimere al vitigno le proprie potenzialità sia ancora vincente; altri che, convintamente, argomentano che una viticoltura di “terroir” ancorata a vecchi dogmi e non supportata da una gestione del vigneto moderna e aperta all’innovazione non sia invece più a passo con i tempi.

Come spesso succede, con tutta probabilità, *in medio stat virtus* e quindi il modello viticolo ideale è quello che coglie il meglio di queste due visioni cercando di emarginarne gli aspetti negativi. In altri termini, potere contare su una felice combinazione di vocazionalità tra vitigno e ambiente pedoclimatico è aspetto irrinunciabile e garante di due vantaggi: i) elevata probabilità che le uve possano esprimere i caratteri organolettici e aromatici legati al territorio rendendosi quindi riconoscibili entro un’offerta enologica ormai sconfinata e ii) poiché il modo di vegetare delle viti è in sintonia e, fondamentalmente, “regolato” dall’ambiente, vi saranno minori esigenze di interventi correttivi di tipo tecnico (es. costose, complesse e, spesso, imprevedibili operazioni in verde oppure incremento di apporti di fertilizzanti). Tuttavia, perché non cercare di accostare a questo binomio diremmo irrinunciabile anche il concetto di “efficienza”, ovvero di una tecnica colturale che, in primo luogo, e quindi in

* Dipartimento di Scienze della Produzioni Vegetali Sostenibili, Università Cattolica del Sacro Cuore, Piacenza

misura “sostenibile”, sfrutta da un lato le risorse naturali a costo zero (luce e pioggia in primis) e, dall’altro, i vari strumenti che ricadono ormai all’interno di ciò che viene definito “nuove tecnologie”? In sintesi, il “modello” a cui vorremmo riferirci in questo testo è quello in cui, accanto al fattore territoriale, compaiono una resa definita “remunerativa”, un contenimento dei costi di impianto e gestione (sostenibilità economica) e una cura del vigneto rispettosa per chi vi opera e per l’ambiente (sostenibilità ambientale). La vera sfida della viticoltura moderna è probabilmente quella di individuare protocolli colturali che possano conciliare questi fattori ma che, a prima vista, presentano elementi di non piena inter-compatibilità.

Come ogni modello che si rispetti, a fronte di un output desiderato, occorre definire gli input che serviranno poi a fare “correre” il modello stesso. In questa sede ne abbiamo individuati, in maniera certamente non esaustiva, sei dei quali forniremo, nei paragrafi seguenti, descrizione e casi studio concreti.

I. SISTEMI DI ALLEVAMENTO E “MODELLI VEGETATIVI” EFFICIENTI

Il fattore “sistema di allevamento”, da intendersi in maniera corretta come somma della “forma” delle viti e di assetto e composizione della struttura di sostegno, costituisce una sorta di “croce e delizia” per la viticoltura italiana. Croce perché la grande eterogeneità delle forme di allevamento della vite (i libri di testo ne descrivono oltre una quarantina) può costituire un ostacolo oggettivo all’introduzione di elementi di innovazione e, in particolare, alla meccanizzazione; delizia perché, in fondo, questa grande pluralità di forme geometriche ha una valenza storica, paesaggistica e anche funzionale, poiché il sistema di allevamento è uno dei fattori colturali a disposizione del viticoltore per meglio equilibrare il modo di vegetare delle piante all’ambiente.

Non vi è però dubbio che uno sforzo di razionalizzazione dei sistemi di allevamento deve essere avviato se non altro per dare punti di riferimento più precisi a tutti gli operatori. È dunque possibile, intanto, individuare all’interno di questa molteplicità di forme, pochi gruppi omogeni? In realtà, con ovvie semplificazioni e accantonando per il momento i sistemi a parete orizzontale o inclinata (es. pergole e tendoni) le varie forme di allevamento possono tutte essere ricondotte a due “macro-insiemi”: quello costituito da forme in parete verticale munite, oltre che di un filo portante, di un numero variabile di fili o coppie di fili deputati al sostegno della vegetazione che, tipicamente, si arrampica lungo la parete, e da quello che annovera i sistemi a vegetazione “libera” in cui, proprio per la voluta assenza di fili di sostegno,



Fig. 1 A sinistra, un filare riconducibile alla categoria classica delle controspalliere con fili e, a destra, un filare allevato a cordone libero alto, una forma che ricade nella categoria dei sistemi a chioma libera poiché privi di fili di sostegno per i germogli. Foto dell'Autore

i germogli colonizzano lo spazio in maniera casuale (fig. 1). All'interno di questi due macro-insiemi, possono poi essere riconosciute forme specifiche: per il primo, ad esempio, cordone speronato e Guyot; per il secondo, cordone libero, GDC e alberello.

Prima di proporre un confronto tra queste tipologie e avanzare possibili criteri di preferenza per l'una o per l'altra, è imperativo ribadire che, prescindere dalle proprie caratteristiche strutturali, ciascun sistema di allevamento deve essere efficiente nei confronti dello sfruttamento dell'unica risorsa ambientale che, insieme con l'acqua piovana, è disponibile a costo zero, ovvero la radiazione solare. Il sistema, dunque, è efficiente se concilia, da un lato, una buona intercettazione luminosa che può essere ottimizzata dosando sapientemente i parametri riportati in figura 2 e, dall'altro, distribuendo la luce all'interno della chioma in modo tale che si evitino sia "finestre" molto ampie che disperdono luce al suolo sia agglomerati di vegetazione molto densa.

Certamente possono sussistere situazioni oggettive che consigliano di prediligere l'una o l'altra tipologia; ad esempio, in un ambiente collinare con terreno magro che conferisce scarsa vigoria, è sicuramente da preferirsi una forma a controspalliera con fili speronata e impalcata a breve distanza dal suolo;

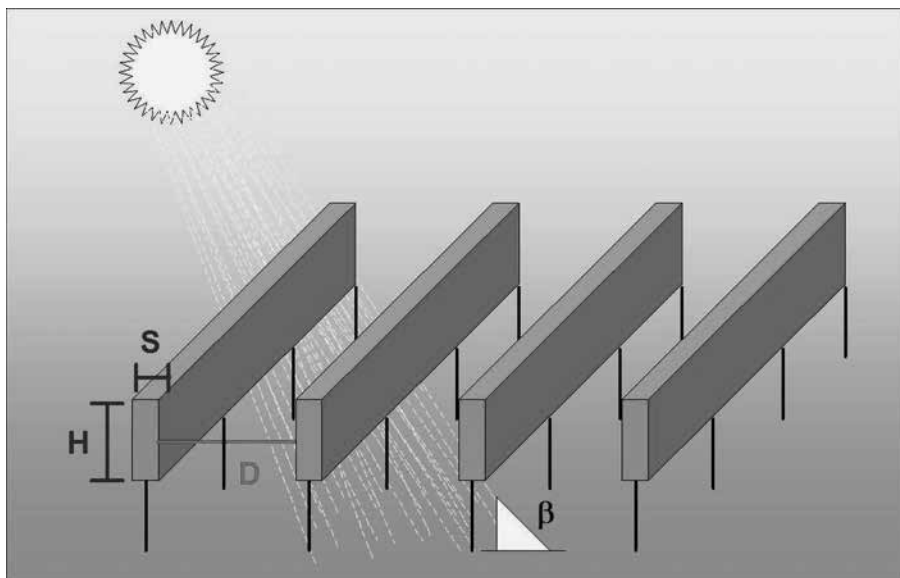


Fig. 2 Schema geometrico che esemplifica come, data una parete vegetativa verticale, la quantità di luce intercettata dalla chioma sia funzione di distanza tra le file (H), altezza della vegetazione (H), spessore della vegetazione (S) e angolo formato tra il piano orizzontale e l'inclinazione dei raggi solari (β). Schema di Simone Mattioli

similmente un vitigno che, per propria natura, ha un portamento vegetativo tendenzialmente assurgente (es. Sauvignon blanc o Cabernet Sauvignon) può adattarsi in maniera ideale a un sistema a cordone libero.

Il confronto tra le due tipologie diventa particolarmente stimolante quando, in presenza di vitigni e di livelli di vigoria che possono essere compatibili con ambedue, occorre esprimere una preferenza e decidere quale forma adottare. I riscontri più recenti della ricerca vitivinicola, associati anche alle esigenze imposte dal cambio climatico, sembrano fare pendere la bilancia a favore delle forme libere per almeno tre ordini di motivi:

a) fisiologici: i confronti diretti di efficienza di diversi sistemi di allevamento sono molto ostici per ovvie difficoltà metodologiche. Tuttavia, in una prova condotta a fine anni '90 in cui, sulle stesse viti allevate in vaso secondo una forma "libera" e poi "ricondotte" a una forma classica in parete applicando vari fili di sostegno, fu misurata la fotosintesi dell'intera chioma, emerse che il "passaggio" da chioma libera assurgente a chioma vincolata a fili di sostegno riduceva la capacità fotosintetica di circa il 25% (fig. 3). Il dato in questo caso è assai probante poiché, riferendosi alle stesse viti, implica forzatamente che, a parità di superficie fogliare, una forma libera è capace



Fig. 3 I riquadri A, B e C mostrano chiome libere e assurgenti per i vitigni Cabernet Sauvignon (A e B) e Chardonnay (C). Nel pannello D, un particolare ravvicinato del microclima luminoso a livello dei grappoli su Cabernet Sauvignon. Foto dell'Autore

di sfruttare meglio la radiazione solare disponibile restituendo una quantità superiore di materia secca;

b) microclimatici: il cambiamento climatico, percepibile non solo e non tanto in termini di aumento delle sommatorie termiche ma soprattutto in rapporto a un incremento della frequenza di eventi estremi, siano essi prolungati picchi di calore estivo, piogge particolarmente abbondanti e violente, inverni insolitamente miti e privi di precipitazioni nevose, pone ai viticoltori di oggi, più di quanto avvenisse in passato, il problema di prevenire danni da scottature alle foglie e ai grappoli. Inoltre, una ricerca ormai solida, ha inequivocabilmente dimostrato che temperature troppo elevate, specie se anche notturne, sono penalizzanti per l'accumulo degli antociani, per il mantenimento di una quota sufficiente di acidità e per l'espressione di aromi freschi o leggermente fruttati. Allo stesso modo, diversi e autorevoli ricercatori sono ormai concordi nel ritenere che, in un ambiente in cui sussistano le condizioni sopra-descritte, il microclima dei grappoli che meglio di altri può prevenire il verificarsi di questi fenomeni, certamente negativi per la qualità finale delle uve, è costituito da un regime prevalente di luce diffusa (quindi grappoli fondamentalmente schermati) rotto da lampi occasionali di luce diretta che filtrano da varie direzioni. Questo assetto microclimatico è quello che si può

ottenere in modo relativamente semplice utilizzando forme libere con portamento della vegetazione assurgente o semi assurgente (fig. 3). In una forma a controspalliera classica, per motivi legati alla distanza dei grappoli da terra, allo spessore della chioma e alla specifica vigoria, questo traguardo è più difficile da raggiungere e quasi sempre passa attraverso un'applicazione oculata, e fatalmente costosa, di interventi di scacchiatura e di defogliazione;

c) economici: un confronto che prendesse in esame i sistemi più rappresentativi delle due categorie (cordone speronato e cordone libero) non potrebbe non riconoscere che i costi di impianto sono inferiori nel secondo caso semplicemente perché, su base di superficie, minore è la quantità del materiale utilizzato per il sostegno dei germogli (fili e accessori) mentre, anche per i costi di gestione, il cordone libero, se correttamente strutturato e gestito, facilita gli interventi di meccanizzazione e, in particolare, quello di potatura meccanica invernale. Peraltro, anche in assenza di interventi meccanici, la potatura manuale di un cordone libero che, grazie al portamento libero, non ha necessità di stralciatura, si può completare entro 50-60 ore/ha; in un cordone speronato, al contrario, difficilmente i tempi di potatura scendono al di sotto delle 90-100 ore/ha.

2. USO DELLA POTATURA VERDE COME STRUMENTO DI "EFFICIENZA" E DI "MITIGAZIONE"

Tanto si è scritto e discusso sugli interventi di potatura estiva, da sempre oggetto di acceso dibattito tra i viticoltori. Quando intervenire, come intervenire, cosa aspettarsi dopo l'intervento, le domande più ricorrenti. Grazie a una ricerca, anche e soprattutto italiana, particolarmente attiva in questo settore, molti di questi interrogativi hanno trovato risposta. Tuttavia, al di là di soluzioni specifiche per problemi specifici, la sperimentazione ha anche modificato il "ruolo" e la "percezione" degli interventi in verde che oggi non devono essere concepiti solamente come un qualche cosa che si "deve" fare per ovviare a problemi contingenti (casi classici sono germogli eccessivamente vigorosi che devono essere cimati per evitare che ricadano verso il basso ingombrando l'interfilare, oppure l'eccesso di densità fogliare nella zona dei grappoli, spesso risolto con un intervento di scacchiatura e/o defogliazione) bensì anche come una nuova arma che il viticoltore può utilizzare per indurre determinate caratteristiche morfologiche dei grappoli o per orientare la composizione dell'uva.

Nel merito, due esempi, sembrano particolarmente fulgidi; il primo si riferisce alla tecnica della "defogliazione precoce", più volte testata nel nostro paese

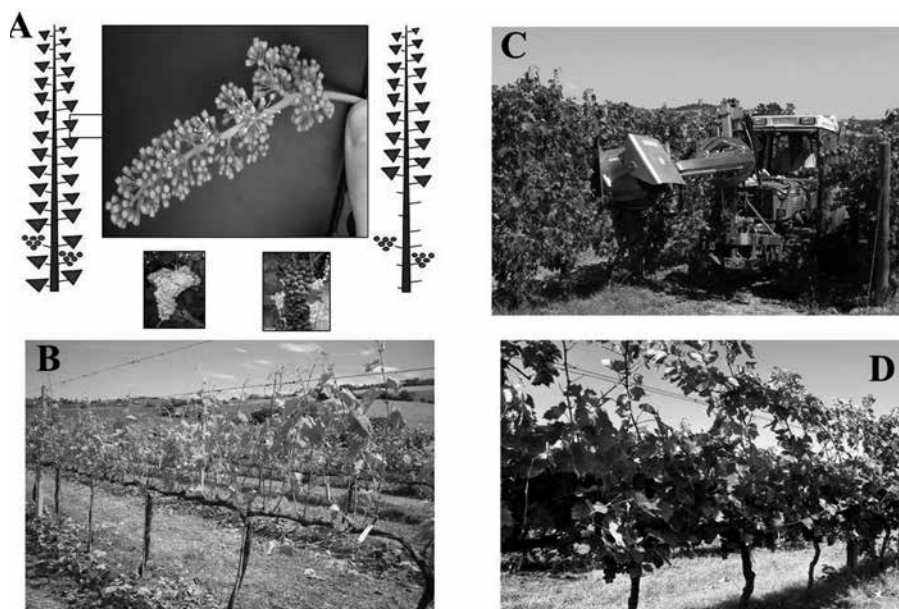


Fig. 4 Nei riquadri A e B sono mostrati, nell'ordine, i criteri di esecuzione di una defogliazione basale precoce (B) e un esempio, in campo, di un tratto di filare appena defogliato. In C, una defogliazione meccanica tardiva eseguita nel tratto mediano-apicale della chioma ai fini di ritardare la maturazione e, in D, la "finestra" aperta dal predetto intervento. Foto di Stefano Poni e Alberto Palliotti

in una pluralità di condizioni e vitigni, che ha fornito riscontri particolarmente probanti (fig. 4, quadri A e B). In breve, si tratta di rimuovere, in pre-fioritura, almeno le prime sei foglie basali principali con la finalità primaria di ridurre il tasso di allegagione e ottenere grappoli meno compatti e quindi più tolleranti nei confronti dei marciumi, *Botrytis cinerea* in primis. Le molteplici applicazioni sperimentali della tecnica hanno poi evidenziato che una serie di altre risposte positive si affiancano alla diminuzione di compattezza e, tra queste: acini più piccoli, con rapporto buccia/polpa più elevato e più resistenti a scottature e bruciature, gradazione zuccherina più elevata senza corrispondente calo dell'acidità totale, corredo di antociani e polifenoli più ricco e maggiore complessità aromatica, vini in genere più graditi alla degustazione, nessun effetto negativo sull'accumulo delle sostanze di riserve e sulla induzione a fiore delle gemme per l'anno successivo. I casi e le zone in cui la tecnica si rivela utile sono quelle in cui esistono oggettive situazioni di eccesso di produzione con risultati qualitativi modesti, oppure quelle che, per motivi climatici, sono particolarmente esposte ai marciumi fungini dell'uva. Non è peraltro un caso che la tecnica si

stia diffondendo in maniera rapida in molte aree viticole canadesi e statunitensi (Ontario, Michigan, Pennsylvania, Washington, New York) in cui il controllo di queste malattie è priorità assoluta.

Tecnicamente, è assai significativo notare che l'intervento di defogliazione precoce segue modalità di esecuzione in pratica analoghe a quelle di una defogliazione "classica" che, tuttavia, viene eseguita molto più tardi, solitamente in prossimità dell'invaiaatura. Ne deriva che l'epoca di applicazione di un determinato intervento può sortire effetti assai diversi e, talora, opposti.

Un secondo esempio di applicazione "mirata" di un intervento di potatura verde riguarda ancora la defogliazione che, secondo una strategia di recentissima proposizione, se eseguita questa volta tardivamente (post-invaiaatura) e, a differenza delle precedenti, non più nel tratto basale della chioma bensì in quello apicale (ovvero lontano dai grappoli), si è rivelata tecnica assai utile per rallentare la maturazione zuccherina (esigenza sempre più pressante in uno scenario di surriscaldamento dell'aria) senza compromissione del quadro fenolico e aromatico (fig. 4, quadri C e D). Ancora una volta ci si può chiedere: questa nuova tecnica è un'"invenzione geniale" dei proponenti oppure è un'applicazione, se vogliamo magari acuta, di principi fisiologici noti? Si tratta certamente della seconda motivazione, poiché una defogliazione eseguita in quell'epoca sulla porzione apicale dei germogli va appositamente a interessare le foglie in quella fase più funzionali in quanto lo scopo ultimo dell'intervento è di indurre uno stress fotosintetico calibrato e, di riflesso, un rallentamento della maturazione zuccherina. Peraltro, anche la defogliazione precoce, "sfrutta" una limitazione voluta di fotosintesi per indurre una riduzione della quota di allegagione.

Un elemento importante che caratterizza queste nuove tecniche e che viene incontro alle esigenze delle aziende viti-vinicole, è che i positivi effetti che consentono di ottenere sono replicabili anche in caso di esecuzione meccanizzata. Peraltro, per entrambe le operazioni, è stata proposta una terza modalità di intervento, assolutamente innovativa, che prevede l'utilizzo di sostanze anti-traspiranti che, in maniera non invasiva e senza quindi alterare il microclima nell'intorno del grappolo, sono in grado di indurre una limitazione fotosintetica simile a quella prodotta dalla defogliazione.

3. MECCANIZZAZIONE: TARGET CHIARO MA NON RAGGIUNTO

Il vigneto "Italia" presenta, anche per quanto riguarda la meccanizzazione degli interventi colturali, e in particolare di vendemmia e potatura, un quadro

piuttosto anomalo rispetto a quanto concerne sia i cugini francesi sia alcuni temibili competitors di oltre oceano (USA e Australia, in particolare).

Ad esempio, è noto che, in Francia, operano circa 24.000 macchine che vendemmiano l'80% della produzione, numeri per noi ancora iperbolici. Perché questo gap che, peraltro, poiché il termine di paragone è la Francia, non parrebbe giustificarsi con la semplicistica equazione: vendemmia a macchina = qualità del vendemmiato inferiore a quello da raccolta manuale? Sussistono certamente ragioni valide, nel nostro Paese, per una diffusione più lenta e graduale della vendemmia meccanica: grande eterogeneità di forme di allevamento, di giacitura e pendenze non sempre compatibili con l'accesso e la buona operatività della macchina; vitigni che presentano un difficile distacco dell'acino dal pedicello e che quindi determinano elevate perdite occulte; ridotte dimensioni aziendali che spesso richiedono il ricorso al conto-terzismo o a macchine gestite in modo cooperativo con insorgenza di problemi logistici e organizzativi. Peraltro, non vi è dubbio che, accanto a queste valide e oggettive motivazioni, agiscano anche fattori di altra natura; in primo luogo è ancora piuttosto diffusa una mentalità di preconcetta diffidenza di fronte all'azione meccanica e, in secondo luogo, spesso risultati non soddisfacenti di vendemmia meccanica vengono imputati a deficienze della macchina o dell'assetto operativo quando, in realtà, la vera causa è da ricercarsi in sistemi di allevamento che per struttura, tipologia di materiali impiegati e modalità di potatura, non sono predisposti a "ricevere" la macchina.

Tuttavia, il vero nodo da sciogliere riguarda probabilmente la potatura meccanica invernale. Accanto al proliferare di scuole di potatura manuale, avverse a ogni approccio di meccanizzazione e "garanti" del fatto che solo portando a mano si possa garantire qualità, produttività e longevità dell'impianto, a una domanda che abbiamo posti ai convegnisti di un importante simposio tenutosi nell'edizione di Vinitaly 2013 sulle varie tecniche di potatura delle vite in merito a evidenze scientifiche che provino che un approccio meccanico possa compromettere stato sanitario e longevità del vigneto rispetto a una potatura manuale classica, è seguito un assordante e imbarazzato silenzio.

Affrontando il delicato problema delle varie tecniche di potatura della vite vi è, peraltro, un ostacolo quasi insormontabile: la validità o meno di una strategia cesoria non può basarsi su meri dati osservazionali e, spesso, autoreferenziali, ma deve scaturire da seri confronti sperimentali poliennali auspicabilmente editi su riviste indipendenti e con referaggi rigorosi. A fronte di tali prove potranno poi derivare indicazioni che sconsigliano un intervento meccanico (a titolo di esempio, una serie di prove eseguite su Sangiovese hanno dato riscontri complessivamente deludenti per la difficoltà che questo

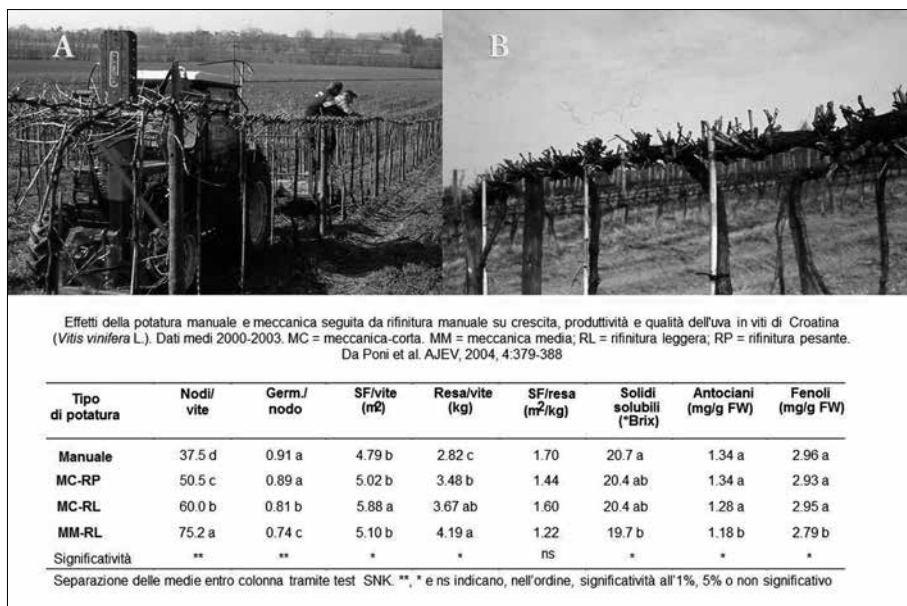


Fig. 5 Un tipico cantiere di lavoro composto da pre-potatrice con due operatori deputati alla rifinitura manuale all'opera su di un filare di Croatina allevata a cordone libero (A). In B, un dettaglio dell'aspetto delle viti dopo l'intervento meccanico. La tabella riporta una sintesi dei dati più probanti ottenuti nel corso del quadriennio di prova. Ripreso da Poni et al. 2004

vitigno incontra nell'autoregolare una produzione che, di per sé, tende a essere esuberante), mentre in altri casi il medesimo intervento meccanico pare essere davvero competitivo.

Il caso su cui invitiamo il lettore a una riflessione critica è quello relativo a una prova quadriennale (arco di tempo che riteniamo "minimo" per una valutazione attendibile degli effetti indotti da diverse tecniche di potatura) condotta sul vitigno piacentino Croatina, normalmente potato "lungo" per una notoria scarsa fertilità delle gemme basali. Nella prova, la Croatina è stata forzata a una potatura manuale speronata e a varie tesi di potatura meccanica in cui il carico di gemme si innalzava in funzione della distanza delle barre dal cordone e dell'intensità della rifinitura manuale. Il dato chiave di questa prova è che, a fronte di un progressivo aumento del carico di gemme mantenuto sulle viti, due delle tre tesi di potatura meccanica (MC-RL e MC-RP) hanno reagito con un incremento produttivo contenuto entro il 25% rispetto alla tesi manuale senza peggiorare in alcun modo la composizione della uve (fig. 5). Al medesimo tempo, come era peraltro prevedibile, i tempi di lavoro si sono ridotti dalle 60/ore per l'approccio manuale alle circa 25 ore/ha per il

cantiere di potatura meccanica e rifinitura. Poiché la ricerca dovrebbe essere sempre al servizio degli utilizzatori finali, quali sono, sulla base di questa prova, gli elementi tecnici utili e prontamente disponibili? Almeno tre, di seguito descritti:

a) sulla base di questi dati, la potatura meccanica corta con rifinitura manuale si pone come valida alternativa alla potatura manuale, ritenuta via “obbligata” nel caso della Croatina;

b) il risultato, consolidato su base quadriennale, che, in caso di potatura meccanica, associa aumento produttivo, qualità delle uve invariata e riduzione dei tempi di lavoro del 60%, va certamente nella direzione di quel mantenimento del reddito che è spesso causa della disaffezione verso la coltura delle vite in aree considerate non di eccellenza enologica;

c) la prova condotta identifica non solo le tesi di potatura meccanica “consigliate” ma mette anche in evidenza che una condotta ancora più spregiudicata (tesi MM-RL) farebbe superare alle viti quella soglia di rottura oltre la quale si registra un inevitabile peggioramento dei parametri qualitativi delle uve. In estrema sintesi, il “prodotto” finale per il viticoltore è quello di un protocollo efficace di potatura meccanica che, tuttavia, consiglia di non superare il tetto massimo di circa 60 nodi per vite lasciati in potatura invernale.

4. USO DELL'ACQUA: FATTORE DI QUALITÀ E DI FLESSIBILITÀ GESTIONALE ANCORA POCO COMPRESO

Le considerazioni di principio fatte in precedenza in merito alla vendemmia e alla potatura meccanica possono essere estese, almeno in parte, anche all'uso dell'irrigazione in vigna, pratica spesso considerata, anche dal punto di vista legislativo, di forzatura più che come fattore chiave di miglioramento o mantenimento della qualità. Anche per l'irrigazione, tuttavia, il vento sta cambiando: una recente circolare del Mipaaf (n. 6858 del 19/04/2013 - Irrigazione di soccorso) ha esteso a tutte le denominazioni di origine e IGT, ove il disciplinare non ne faccia già specifica menzione, la possibilità di ricorrere all'irrigazione di soccorso; il ricorso forzato ad apporti irrigui integrativi della piovosità naturale sta diventando una necessità nuova e concreta in molte aree viticole principalmente a causa dei mutamenti del clima; ci si rende sempre più conto che un impianto dotato di un impianto irriguo consente non solo di difendersi dall'avversità più ovvia (la siccità primaverile-estiva) ma di adottare in vigna altre tecniche o di migliorare l'efficienza di quelle già praticate.



Fig. 6 Un filare di Sangiovese (a sinistra) e uno di Montepulciano (a destra) in un vigneto caratterizzato da una grave carenza idrica nel suolo. Visivamente si nota che il Sangiovese reagisce alla condizione di stress “ingiallendo” precocemente le foglie basali mentre su Montepulciano non si notano sintomi evidenti di adattamento morfologico. Foto di Alberto Palliotti

Prima di passare in rassegna alcuni aspetti tecnici e fisiologici legati all'irrigazione, occorre in primo luogo menzionare un risvolto di tipo “mentale” o, per meglio dire, di predisposizione alla tecnica. Come recita la nota ministeriale, il riferimento è a una irrigazione di “soccorso” poiché la medesima, a seconda dello specifico andamento climatico, può rendersi necessaria o meno. Pertanto, una strategia di “soccorso” è solitamente più ostica rispetto a uno status di irrigazione ordinaria (utilizzata ad esempio in molte aree della California o australiane) poiché, ancora prima di individuare il volume irriguo ottimale, occorre stabilire “se” è effettivamente necessario irrigare, ovvero se sussiste un'oggettiva situazione di stress iniziale. Un errore compiuto in questa fase può avere conseguenze gravi: se si tarda troppo a intervenire, lo stress può avere già causato limitazioni importanti dell'attività fotosintetica che, oltre un certo limite, non sono più reversibili anche erogando ingenti volumi di acqua; all'opposto decidere di irrigare quando ancora la disponibilità di acqua nel terreno è sufficiente, rischia di trasformarsi, questa volta sì, in una pratica di forzatura che spinge la vigoria, la produttività e, quasi fatalmente, peggiora il valore qualitativo delle uve. Occorre pertanto che, tra i viticoltori

che si accingono a fronteggiare il tema della gestione della pratica irrigua, si faccia strada una “cultura” irrigua che sappia bene interpretare i sintomi, gli indici o i parametri che possono fungere da fattori “spia” per individuare il momento ottimale di erogazione.

Per quanto poi riguarda invece la “quantità” di acqua da erogare ed, eventualmente, le modalità di erogazione (es. numero e durata dei turni) si innescano una problematica diversa che richiama, ad esempio, la presumibile tolleranza allo stress idrico dei diversi portinnesti ma anche la risposta del vitigno stesso alla carenza di acqua. Sotto questo profilo, sembrano emergere, dai riscontri della ricerca, luci e ombre.

Queste ultime sono identificabili essenzialmente nella mancanza di informazioni specifiche relative alla capacità di numerosi e importanti vitigni italiani di tollerare un determinato livello di stress idrico. Fino a oggi, informazioni probanti e complete sono state raccolte principalmente su Sangiovese e Montepulciano, mentre per molti altri genotipi ci si avvale tuttora di elementi soprattutto osservazionali e/o basati sull’esperienza. Emblematico è l’esempio riportato in figura 6 riferito a due filari adiacenti di Sangiovese (sinistra) e Montepulciano (destra), innestati sul medesimo portinnesto e accomunati dalle medesime pratiche colturali, fotografati durante un periodo estivo di forte stress idrico. Se affidassimo al solo esame visivo il giudizio di stabilire quale dei due vitigni sta tollerando meglio la carenza idrica, pensiamo che tendenza comune sarebbe indicare il Sangiovese, afflitto da un ingiallimento ormai molto pronunciato delle foglie basali e, più in generale, da foglie che tendono ad assumere, nella parte più calda della giornata, un orientamento verticale, utile a “sfuggire” alla radiazione diretta e, quindi, a risparmiare acqua riducendo la traspirazione. Viceversa, il Montepulciano, con la sua colorazione verde uniforme e uno status idrico fogliare apparentemente ottimale, parrebbe godere ancora di ottima salute. Tuttavia, se questo confronto venisse ripetuto non più su base meramente visiva ma utilizzando indicatori fisiologici quali tassi di traspirazione e di fotosintesi, il quadro, in pratica, si rovescerebbe; il Sangiovese, infatti, in presenza di stress, “sacrifica” le proprie foglie basali per ridurre la superficie fogliare intercettante e quindi risparmiare acqua ma “consente” alle proprie foglie mediane e apicali, non a caso le più efficienti poiché più giovani, di mantenere ancora una certa apertura stomatica che assicura un discreto livello di fotosintesi. In una curiosa classificazione dei vitigni in funzione del loro comportamento nei confronti di stati di carenza idrica che vede la categoria degli “ottimisti” contrapporsi a quella dei “pessimisti”, il Sangiovese appartiene alla prima poiché, in un momento comunque difficile, si concede, con un’apertura stomatica parziale,



Fig. 7 Il sistema di scambio gassoso sviluppato presso il DI.PRO.VE.S dell'Università Cattolica che consente di condurre studi totalmente automatizzati di stress idrico in cui la quantità di acqua erogata alle vite può essere una qualsiasi frazione della quota effettivamente traspirata misura, in continuo, dal sistema stesso. Foto dell'Autore

di perdere ulteriormente acqua essendo ovviamente “ottimista” che presto arriverà un reintegro. Il Montepulciano è, invece, decisamente “pessimista”. Pessimista perché alle prime avvisaglie di stress chiude rapidamente gli stomi non fidandosi della possibilità che, prima o poi, si verifichi una pioggia o un intervento irriguo. La chiusura stomatica quasi totale ha due effetti inevitabili: un risparmio idrico certamente efficace che, almeno in una prima fase, spiega il buono stato di idratazione della chioma ma che, purtroppo, determina anche una riduzione drastica della fotosintesi. Infatti, tutte le foglie di Montepulciano, così belle a vedersi, presentano, indipendentemente dalla loro posizione sul germoglio valori di assimilazione prossimi allo zero.

Ci si riferiva, in precedenza, anche alle “luci” che possono venire in aiuto del viticoltore posto di fronte al dilemma di una corretta applicazione di un’irrigazione di soccorso. In primo luogo, anticipando un tema che verrà più diffusamente trattato in seguito, si stanno rendendo oggi disponibili, con frequenza e duttilità sempre maggiore, piattaforme web denominate “servizi di supporto alle decisioni” (DSS) che, alimentate principalmente dai dati climatici registrati in azienda o in prossimità di essa, sono in grado di “tracciare”

in maniera dinamica e anche previsionale il contenuto idrico del suolo (o un altro parametro di stress ove disponibile) in maniera tale da “avvertire” il viticoltore quando un probabile livello di stress sta per essere raggiunto. Ovviamente, lo strumento non “sostituisce” l’esperienza dell’operatore, ma lo aiuta, in un rapporto sinergico, a prendere, al momento giusto, la decisione giusta.

Sotto il profilo della ricerca sta fortunatamente aumentando, anche nel nostro paese, l’interesse verso temi pertinenti alle relazioni idriche nel vigneto. Peraltro, gli strumenti diagnostici che si stanno mettendo a punto per caratterizzare il comportamento dei vari vitigni a uno stato di stress idrico crescente sono di grande rilievo: è stato pubblicato di recente sull’«American Journal of Enology and Viticulture» un sistema totalmente automatizzato e controllato da remoto, ideato presso il Dipartimento di Scienze delle Produzioni Vegetali Sostenibili (DI.PRO.VE.S) dell’Università Cattolica, che consente di imporre, su viti in vaso, livelli via via crescenti di stress idrico con un originale dispositivo di irrigazione pilotata in grado di erogare alle vite una quantità di acqua esattamente corrispondente a una quota della frazione persa per evapotraspirazione (fig. 7). Questo tipo di strumentazione rende più agevole la pianificazione di ricerche in cui, per i vitigni di interesse specifico, ci si pone l’obiettivo di capire, soprattutto in termini di mantenimento dei tassi di fotosintesi e di efficienza di uso dell’acqua, il loro potenziale di adattamento a episodi di stress che avvengono in fasi fenologiche diverse e con intensità diverse. Tra i primi riscontri, interessanti quelli relativi a Sangiovese e Montepulciano che, pur essendo caratterizzati dalle differenze di adattamento allo stress precedentemente riportate, sembrano accomunati da risposte piuttosto simili nei confronti di stress che avvengono prima dell’invasatura e che consiglierebbero, in questa fase, di garantire, con l’irrigazione, una disponibilità irrigua non inferiore al 70% della quota di acqua persa per traspirazione.

Infine, in una considerazione più generale, occorre sottolineare che chi si dota oggi, in vigneto, di un impianto irriguo non fa un investimento finalizzato al solo fatto che, in annate critiche (vedi 2003, 2005, 2007, 2009, 2013), può brillantemente risolvere un problema oggettivo di stress idrico, ma si assicura anche uno strumento di preziosa flessibilità gestionale. Anche in questo caso un paio di esempi.

La presenza di un impianto di irrigazione per micro-portata offre la possibilità di ricorrere alla fertirrigazione, tecnica preziosa che, se ben condotta, consente di colmare, almeno in parte, per le concimazioni tradizionali al suolo, il classico gap che intercorre tra il momento in cui l’elemento viene depositato nel suolo e il momento in cui viene effettivamente assorbito e utilizzato dalla pianta dando l’effetto sperato.

Poter irrigare significa, inoltre, poter “permettersi” protocolli di gestione del suolo che, altrimenti, non sarebbero percorribili. Caso classico è quello dell’inerbimento del vigneto che, in aree viticole tendenzialmente siccitose, viene visto con timore per i peraltro concreti rischi di eccessiva competizione idrica e nutrizionale. In presenza di impianto irriguo sottofila, questi timori possono tranquillamente svanire rendendo sempre attuabile la scelta di inerbimento tra le file con i noti vantaggi che ne possono conseguire. Peraltro, tra le tecniche di irrigazione e inerbimento si potrebbero creare interazioni di particolare interesse: si pensi, ad esempio, alla possibilità di utilizzare per l’inerbimento interfilare una o più specie erbacee volutamente competitive che, grazie al loro apparato radicale denso e profondo, costringerebbero le radici della vite a colonizzare principalmente la zona del sottofila dove la presenza dell’apparato di fertirrigazione potrebbe consentire una gestione più diretta e precisa della crescita e della maturazione.

5. LE NUOVE TECNOLOGIE DI VITICOLTURA DI PRECISIONE: QUANTO NECESSARIE E QUANTO EFFETTIVAMENTE UTILI

Non vi è dubbio che la viticoltura sia una delle protagoniste dell’interesse che, in questa ultima decade, è nato intorno all’agricoltura di precisione, un concetto certamente rivoluzionario rispetto a una conduzione agronomica tradizionale. Infatti, soprattutto nel caso di specie arboree, la buona pratica colturale è finalizzata alla creazione di impianti il più possibile omogenei in termini di sviluppo delle piante e di dinamica di maturazione. Le applicazioni di “precisione”, indipendentemente dalla tecnica a cui si riferiscono, offrono uno strumento per certi aspetti integrativo o, addirittura, alternativo poiché la logica è quella di fornire input differenziati a parcelle o appezzamenti che mostrano una marcata diversificazione in termini di vigoria vegetativa.

Una trattazione specifica delle tecniche di viticoltura di precisione esula totalmente dallo scopo di questa sintesi e, pertanto, preferiamo offrire piuttosto un contributo critico a partire da uno dei molteplici casi studio disponibili che fa riferimento a una classica mappa di vigore vegetativo ottenuta, su di un vigneto di Barbera di circa 1 ha di superficie, dall’elaborazione dell’indice NDVI dedotto sulla base di foto aerea con risoluzione di pixel pari a 5m x 5m. Nella fattispecie la mappa localizza, nel medesimo appezzamento, tre aree di diverso vigore delle viti (basso, medio, alto).

Qui sorge un primo problema interpretativo poiché, mentre è eviden-

Tesi	N lembi (invaliatura) (%)	P. Legno principale (g)	P. legno femminelle (g)	P. legno totale (g)	P. medio tralcio (g)	Superficie fogliare principale (m ²)	Superficie fogliare femminelle (m ²)	Superficie fogliare totale (m ²)
Alto	1.59 a	706 a	189 a	895 a	73.3 a	3.214 a	1.321 a	4.535 a
Medio	1.50 a	607 b	147 b	754 b	59.2 b	3.247 a	1.098 b	4.345 a
Basso	1.36 b	420 c	65 c	485 c	44.9 c	2.846 b	0.605 c	3.451 b
Signif.	**	**	**	**	**	**	**	**






Fig. 8 *Corrispondenza tra classi di vigore identificante sulla base dell'indice NDVI ed effettiva vigoria quantificata a terra su vigneto di Barbera. Foto di Matteo Gatti*

te che, a prescindere dalla tecnologia e dalla risoluzione utilizzata, è sempre possibile distinguere aree a diversa vigoria, occorre dare un preciso significato agronomico a tali livelli e capire se, prima di tutto, sono sufficientemente “diversi” da giustificare una strategia di “precisione” e, in secondo luogo, per individuare quale livello di vigoria è quello ideale per il target commerciale dell'azienda. Questi primi interrogativi trovano soluzione se e solo se i vari livelli di vigoria vengono caratterizzati al suolo con il calcolo o la misura di altri parametri agronomici valutandone poi, in una seconda fase, la correlazione con la composizione dell'uva.

Nel caso proposto, pare sussistere una netta differenziazione di vigoria tra le tre classi individuate poiché, ad esempio, il peso di potatura totale e quello relativo alle sole femminelle varia, nell'ordine, dai 485 e 65 g del basso vigore a 895 e 189 g nell'alto vigore, con il medio vigore che va a collocarsi in posizione intermedia (fig. 8). Prendendo poi sempre a riferimento le due classi estreme emerge, alla vendemmia, un quadro di composizione delle uve ideale per il basso vigore e, invece, viziato da una tendenza a una maturazione incompleta nell'alto e nel medio vigore (fig. 9). Se a ciò si aggiunge che, nelle parcelle con bassa vigoria, incidenza e severità dei marciumi del grappolo si sono rivelati nettamente inferiori a quelle stimate sulle altre classi di vigoria,

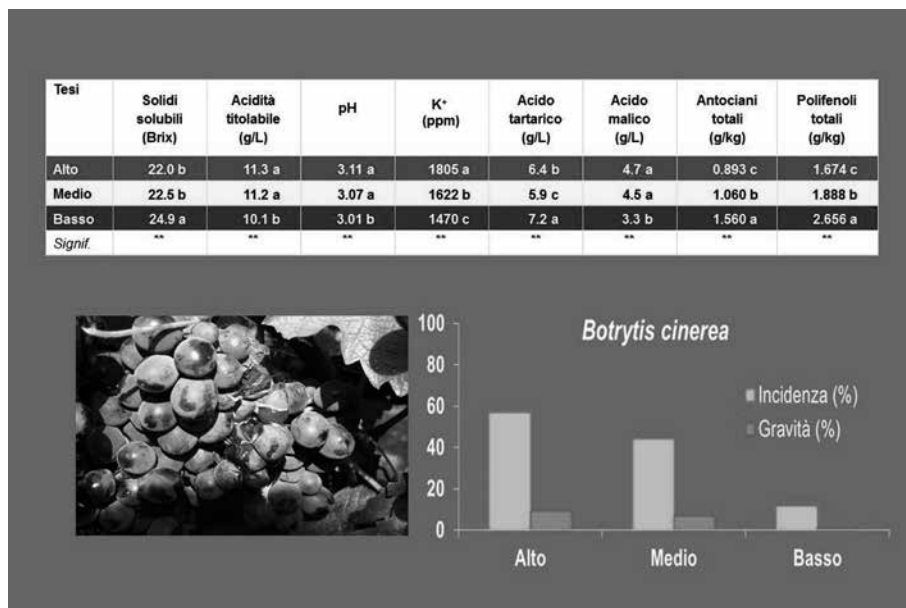


Fig. 9 *Corrispondenza tra classi di vigore identificate sulla base dell'indice NDVI e stato sanitario e compositivo delle uve alla vendemmia in un vigneto di Barbera*

il quadro complessivo dei dati di validazione agronomica a terra dice che il vigore “ideale” a cui dovrebbe tendere il viticoltore è, nella fattispecie, quello basso e non quello medio come spesso si tende, purtroppo, a dedurre e consigliare in molti studi in cui i rilievi di parametrizzazione agronomica e qualitativa sono carenti o assenti.

Certamente il quadro delineato è informazione preziosa per il viticoltore che ora è conscio che la variabilità intra-parcellare presente nel suo vigneto è tale da portare a maturazione lotti di uva che sarebbero, in realtà, idonei a vinificazioni differenziati e che, ove saggiamente collocati nei relativi segmenti di mercati, potrebbero realisticamente consentire un aumento di PLV rispetto alla scelta tradizionale di vinificazione di massa. Ovviamente, è opzione del viticoltore sulla base di considerazione di reddito e di capitali investiti, individuare il livello di vigoria più conveniente.

Supponiamo tuttavia che, nella prova in oggetto, si reputi il basso vigore il livello ideale a cui tendere per massimizzare la redditività aziendale. La mappa di vigore offre la ghiotta occasione di un'applicazione di concimazione a “rateo variabile” che, secondo il principio fondante della viticoltura di precisione, differenzia la quantità di concime erogato (in questo, caso, pre-

sumibilmente, azoto) in funzione della vigoria dei vari settori del vigneto (es. concimazione nulla nelle aree a elevata vigoria, più abbondante in quelle più deboli). Tuttavia, nel caso specifico, occorre usare un approccio meno meccanico e più raziocinante perché lo scopo ultimo non è quello di riportare il vigneto a una situazione generalizzata di media vigoria, bensì, semmai, attenuare la vigoria dei settori a media e alta spinta vegetativa. Sotto questo profilo, dunque, a fronte di una tecnologia sempre più efficace nello sfornare “dati” ad alta risoluzione, occorre non dimenticare che la validazione agronomica di tutte le strategie di viticoltura di precisione è indispensabile.

6. NUOVI STRUMENTI DIAGNOSTICI E DI INDIRIZZO: IL MISTERO DELLA MODELLISTICA

Nel precedente paragrafo abbiamo già dato conto di come, in una coltura millenaria come la vite, tradizione e innovazione debbano marciare di pari passo e complementarsi a vicenda. Tra gli strumenti diagnostici l'uso dei modelli matematici ha sempre suscitato soprattutto diffidenza, poiché ritenuto approccio complesso, abbordabile solo da coloro che hanno buone basi informatiche e di calcolo e, spesso, lontano dalla “realtà del vigneto”.

Eppure, in uno scenario di cambio climatico, i modelli diventano l'unica arma che abbiamo a disposizione per prevedere (ricordiamo, in proposito, che l'output di un modello non deve “duplicare” il fenomeno, bensì simularlo con ragionevole precisione) come potrà modificarsi la risposta delle piante al variare degli input ambientali. Peraltro, non vi è dubbio che, in settori specifici, ad esempio quello patologico, l'utilizzo di modelli epidemiologici sia già diffuso. Sono oggi, ad esempio, disponibili modelli matematici che forniscono una stima molto attendibile sul momento in cui le prime famiglie di oospore di *Plasmopara viticola* escono dalla dormienza e sono quindi pronte a germinare, come pure sulla durata del periodo delle infezioni primarie. Questi modelli sono la base applicativa di sistemi di supporto alle decisioni (DSS) che segnalano al viticoltore la più probabile data di infezione guidandolo quindi in una strategia di difesa che, evidentemente, si contrappone a quella tradizionale a calendario.

Tuttavia, il vero salto di qualità nella modellistica della vite si compie quando il modello, esclusivamente alimentato da semplicissimi input climatici giornalieri e da caratteristiche strutturali del vigneto, è in grado di “calarsi” sull'impianto e di prevederne performance fenologiche, di crescita vegetativa e, addirittura, di produzione pendente.

Il diagramma di flusso proposto in figura 10, certamente a prima vista

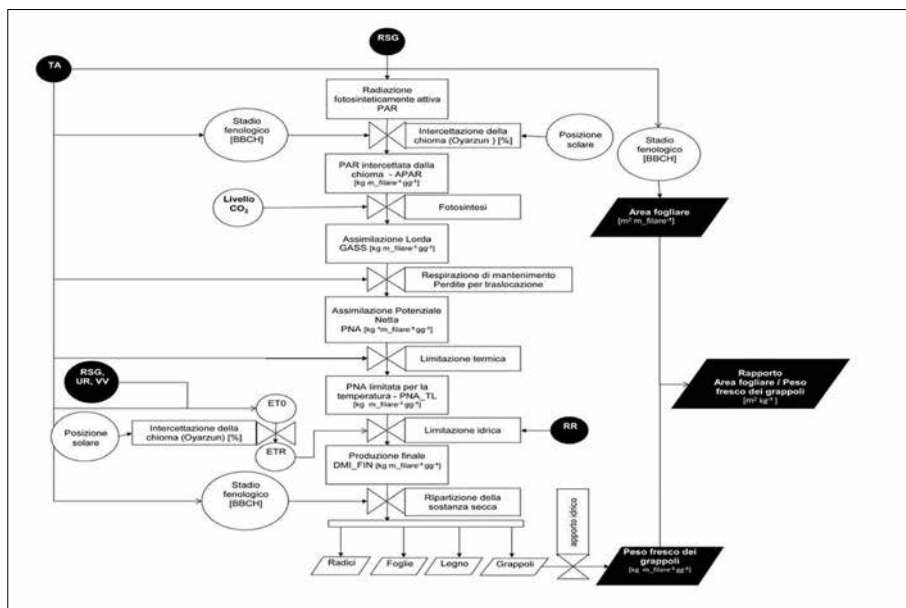


Fig. 10 Diagramma di flusso che, a cascata, partendo dalla quantità totale di sostanza secca prodotta con la fotosintesi, stima la produzione pendente (ripreso da Cola et al. 2014)

“preoccupante” per la sua complessità, segue in realtà una logica molto semplice: dato un certo vigneto messo a dimora in un certo ambiente, la sua potenzialità produttiva dipende dalla quantità di radiazione che riesce a intercettare. Ecco allora che, in uno schema “a cascata”, si parte dall’assimilazione “lorda” stimata sulla base della quantità di luce captata, questa quantità viene progressivamente ridotta in funzione delle perdite per traspirazione, traslocazione, azione di fattori limitanti (es. alte temperature a stress idrico) fino ad arrivare a un valore “netto” finale di sostanza secca per pianta. A questo punto il modello inserisce una serie di “comandi” che sono in grado di stimare la quota di sostanza secca che viene convogliata ai grappoli. Infine, con un passaggio “inverso” da sostanza secca a massa fresca, il modello fornisce una stima stagionale della quantità di produzione pendente. Poiché la medesima stima è fornita anche per la superficie fogliare, il prodotto ultimo del modello è una simulazione stagionale del rapporto superficie/fogliare produzione (fig. 11).

Volendo tradurre il tutto in applicazione concreta, quale è l’utilità di queste informazioni? A nostro avviso molto elevata poiché avere a disposizione un andamento stagionale di come si modifica il rapporto SF/P significa poter disporre di una diagnosi, praticamente in tempo reale, dell’adeguatezza della

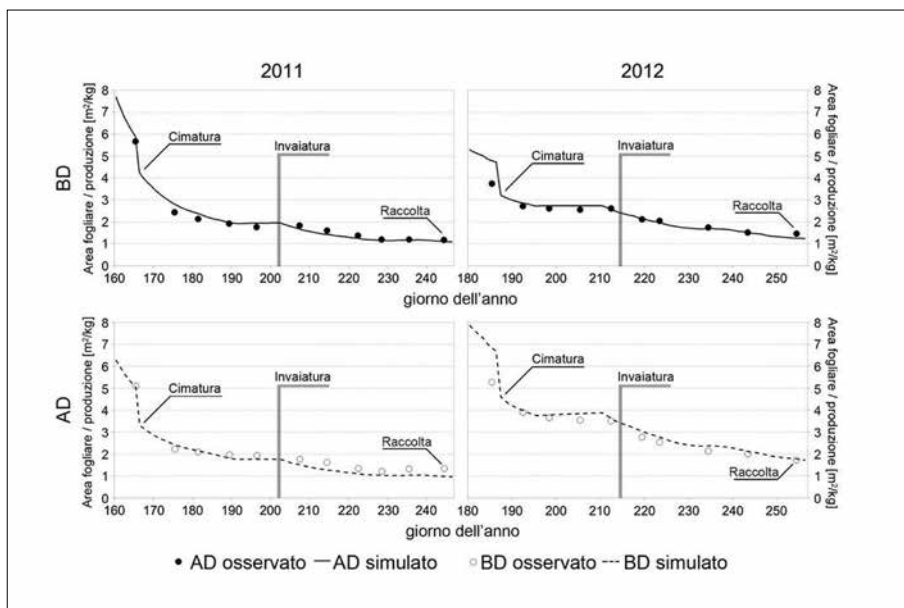


Fig. 11 Un'interessante applicazione del modello descritto in figura 10: per due forme di allevamento (cordone speronato e Guyot) e due livelli di densità fogliare (alta e bassa) viene visualizzata la variazione stagionale del rapporto tra superficie fogliare e produzione (ripreso da Cola et al. 2014)

disponibilità di assimilati rispetto alla domanda di mantenimento e crescita degli organi. I dati riportati in figura 11 mostrano che, nei 4 casi considerati (vigneti allevati a Guyot e cordone speronato con bassa e alta densità di germogli) si nota come in prossimità di una fase fenologica critica come l'invaiaura, la disponibilità di source sia adeguata (ovvero i valori sono largamente superiori alla soglia di $1,5 \text{ m}^2/\text{kg}$) prefigurando quindi la non necessità di ricorrere a operazione di diradamento dei grappoli.

CONCLUSIONI

La tenuta commerciale del vino italiano che, nel 2014, ha toccato la cifra record di oltre 5 miliardi di euro per ciò che attiene l'export, sembra quasi miracolosa a fronte, ad esempio, dei cali drammatici sia di superficie sia, soprattutto, di consumo pro-capite nazionale. Questo miracolo che, definiremmo, "all'italiana", è merito di tutti gli operatori della filiera; in primis, i produttori che, in vigneto, hanno saputo innovare senza perdere di vista i vantaggi og-

gettivi che derivano dal potersi fregiare di vini di “territorio”, conosciuti e riconoscibili; la tecnica enologica, già da tempo all'avanguardia ma sempre più attenta a rispettare la matrice uva e a rendersi pronta, al medesimo tempo, a fronteggiare vendemmianti che presentano, ad esempio a seguito di anomali andamenti climatici, quadri compositivi particolari se non ostici e, certamente, tutto il distretto del marketing, sempre più efficace a presentare le nostre etichette. Ovviamente, all'interno di un quadro complessivamente positivo vi sono settori in sofferenza, più spesso individuabili nel mercato dei vini rossi che paga sia un mutamento del gusto dei consumatori sia, probabilmente, una posizione di preminenza pre-crisi economica che, con la congiuntura sfavorevole, in alcuni casi è fortemente peggiorata.

La sfida, dunque, pare quella di essere in grado di mantenere o migliorare la qualità del vino italiano senza però “svilire” il fattore resa e con uno sguardo sempre attento alla riduzione dei costi gestionali. In assenza di sempre probabili mutamenti dell'ultima ora, a fine 2016, si passerà dal sistema delle quote a quello delle autorizzazioni agli impianti con un probabile smarrimento iniziale. Tra le varie leve che potranno rivelarsi utili per superare questa fase di transizione ne emerge una che, a nostro avviso, presenta un potenziale ancora oggi parzialmente inespresso: ovvero la divulgazione e l'effettivo trasferimento in azienda di nuove tecniche e protocolli proposti dalla ricerca. Finalmente, con i nuovi programmi di sviluppo regionali ormai alle porte (PSR 2014-2020) e, soprattutto, con alcune misure che prevedono la costituzione di partenariati all'interno dei quali saranno creati gruppi operativi che vedono la compresenza di tutti gli attori di filiera si potranno finalmente finanziare ricerche su temi che si basano su istanza di domanda diretta di ricerca da parte delle aziende lasciando quindi, in questo caso, pochi margini allo scetticismo, alla sufficienza e alla diffidenza.

RIASSUNTO

A fronte di un continuo e costante calo dei consumi interni di vino, oggi prossimi ai 36 L/capita/anno, nel 2014 l'export di vino italiano ha toccato la quota record di 5 miliardi euro. Questa performance dimostra la validità del modello viticolo italiano che, sempre di più, si fonda sul binomio vincente di tradizione e innovazione. In questa review tracciamo sei linee di indirizzo per rendere questo legame ancora più forte. La prima riguarda le tipologie di sistemi di allevamento che, accanto alle classiche forme a controspalliera con fili di sostegno, annovera quelle a vegetazione “libera”. La seconda enfatizza il ruolo degli interventi in verde che, sulla base delle conoscenze acquisite, oggi si pongono come veri e propri “strumenti colturali atti ad orientare la composizione delle uve verso la direzione desiderata. La terza affronta il tema della meccanizzazione integrale del vigneto,

un target chiaro ma non raggiunto, e pone la questione centrale della potatura meccanica invernale, tecnica possibile ma da valutare e da applicare con attenzione. Il quarto tema è quello dell'uso dell'irrigazione come imprescindibile fattore di qualità e di flessibilità gestionale, allontanando lo spauracchio, da sempre sbandierato, del concetto di "forzatura". Il quinto punto verte sulle tecnologie di viticoltura di precisione, rivoluzionarie per il concetto che applicano: fornire input calibrati in funzione delle esigenze di viti singole o di porzioni specifiche del vigneto. Infine, il lavoro affronta anche un tabù storico, ovvero l'applicazione di modelli matematici in viticoltura che conosce oggi una sorta di rinascita non più e non solo legata, in campo patologico, alla disponibilità di modelli epidemiologici sempre più raffinati e precisi ma anche di modelli semplici in grado di simulare, nell'arco della stagione, il bilancio idrico dell'impianto e lo stato di equilibrio vegeto-produttivi, proponendosi quindi come indispensabili strumenti di diagnosi e di previsione.

ABSTRACT

Despite a steady decrease in wine consumption per head in Italy now settling around 36 L, in 2014 the total income of Italian wine export has crossed the symbolic threshold of 5 billions of euros. Such performance testifies the validity of Italian viticulture standards which nowadays, and even more than in past, are based on the coexistence of tradition and innovation. In this review paper we trace six different outlooks to make this bond even stronger. First deals with types of trellises which along with traditional vertically shoot positioned hedgerows also show sprawling canopies with no wires for foliage attachment. Second emphasizes the role of summer pruning operations which, due to the great body of available knowledge, can profitably be used to pilot ripening trends towards desired compositional features. Third tackles the issue of vineyard mechanization and specifically targets the issue of winter mechanical pruning, a feasible yet still controversial technique. Fourth quite debated issue is the use of irrigation water in viticulture as a tool to maintain or improve grape quality while increasing adaptability to environmental constraints. Fifth theme is related to precision viticulture techniques which, indeed, have rushed into vineyard management over the last decade proposing a revolutionary principle that is input calibration according to specific vine or vineyard sector needs. Lastly, our paper deals with the item of the use of mathematical models in viticulture which, by definition, has been skeptically regarded as being difficult to use and quite "far" from reality. Though, modelling is now having in viticulture science a sort of resumption and this is due not just to availability of new epidemiological model for different pests, yet also to new simple models able to realistically simulate the water balance of a vineyard or the seasonal variation of the leaf-to-fruit ratio.

La sostenibilità dei modelli d'impianto della viticoltura da tavola

I comparti produttivi dovranno essere realizzati e gestiti in modo da garantire una crescita sostenibile. “Europa 2020” ha stabilito che nei paesi dell’Unione Europea la crescita dovrà essere: “intelligente”, “inclusiva” e “sostenibile”. Il termine “sostenibile” deve essere declinato in crescita più efficiente sotto il profilo delle risorse, più verde e più competitiva.

Pertanto, anche comparti agricoli riconosciuti e considerati a gestione agronomica intensiva, qual è certamente quello dell’uva da tavola, dovranno rimodulare alcune delle proprie caratteristiche per adeguarsi alla necessità di garantire, appunto, una crescita “sostenibile”. Non mancano, peraltro, anche nel comparto dell’uva da tavola esempi d’indirizzi produttivi già orientati verso una gestione “sostenibile”, quali l’insacchettamento dei grappoli effettuato nel mese di luglio da alcune aziende siciliane (fig. 1a), o la produzione in Spagna di uva *embolsada* commercializzata con il marchio Vinalopo (fig. 1b), che certifica e garantisce la particolare tecnica di produzione e l’assenza sull’uva di residui di agro-farmaci. È opportuno, comunque, evidenziare che questi modelli produttivi certamente dotati di elevata sostenibilità “ambientale” e “salutistica” potranno continuare a essere realizzati solo se saranno detentori anche di una sostenibilità “economica”. Una tecnica di produzione, qualunque essa sia, in un mercato globalizzato, qual è quello dell’uva da tavola, deve essere, infatti, in prima analisi economicamente sostenibile, in quanto le altre declinazioni di sostenibilità (ambientale, salutistica, energetica etc.) potranno essere messe in atto dall’azienda agricola solo se coerenti con le esigenze di redditività delle attività.

Il comparto dell’uva da tavola, come detto, già da alcuni anni dedica una

* Dipartimento di Scienze Agrarie e Forestali, Università di Palermo



Fig. 1 Esempi di indirizzi produttivi sostenibili. (a) insacchettamento dei grappoli; (b) certificazione Vinalopo per la produzione spagnola di uva “embolsada”

notevole attenzione nei confronti di alcune delle problematiche più peculiari del concetto di gestione sostenibile, quali ad esempio quelle connesse alla presenza di residui dei fitofarmaci sul prodotto. Numerose realtà aziendali sono strutturate in modo da soddisfare non solo i requisiti normativi nazionali e comunitari, ma anche le specifiche richieste degli importatori e distributori dei diversi Stati in termini di residui di agro farmaci (numero, quantità e tipologia) nell’uva, rispetto dell’ambiente, sicurezza del lavoratore e del consumatore.

A conferma di tale indirizzo, negli ultimi anni si è registrato un notevole incremento di adesione delle aziende ai sistemi di certificazione volontaria (GlobalGap, IFS, BRC, ecc.) che sempre più spesso vengono considerati, non soltanto un adempimento “burocratico”, una complicazione “imposta” e/o un “necessario” messaggio di marketing, ma un importante e imprescindibile sistema di implementazione e di sviluppo aziendale.

Ulteriore dimostrazione della sempre maggiore attenzione del comparto per una gestione “sostenibile” è data dall’avvio, nell’ultimo quinquennio, di programmi interdisciplinari finalizzati al trasferimento alle aziende agricole di “best practices”, sviluppati da Compagnie multinazionali che operano prevalentemente nel campo della chimica, come ad esempio i programmi “Food Chain” e “Magis” avviati dalla Bayer Cropscience o “Operation Pollinator” della Syngenta.

Nel seguito della relazione si riportano per alcune delle scelte bio-agronomiche che impegnano gli operatori nella realizzazione e gestione dei vigneti a uva da tavola, esempi di “best practices” coerenti con le esigenze di conduzione “sostenibile”.

SCELTE “SOSTENIBILI” LEGATE ALL’IMPIANTO

Il primo aspetto relativo all’impianto del vigneto è la scelta della varietà. Coltivare una varietà, che sia in grado di raggiungere elevati standard qualitativi e soddisfacenti livelli produttivi, in ambienti pedo-climatici diversi, con limitati input energetici e ridotte operazioni colturali, costituisce una condizione evidentemente favorevole per le esigenze di sostenibilità del sistema.

I programmi di miglioramento genetico sviluppati in tutto il mondo, dedicano sempre maggiore attenzione all’ottenimento di varietà apirene, di facile coltivazione, produttive, di elevata shelf-life e al contempo resistenti nei confronti delle principali avversità biotiche. È utile evidenziare che in alcuni casi caratteri di resistenza sono stati riscontrati in varietà di *Vitis Vinifera* e ciò può consentire di adottare strategie di miglioramento genetico proprie della cisgenesi. La resistenza alle avversità biotiche ha, evidentemente, un immediato riscontro sulla sostenibilità “ambientale”, “ecologica” ed “economica” della coltura, poiché essa si traduce in una riduzione dei trattamenti fitosanitari, con un notevole vantaggio per l’ambiente, l’agricoltore e il consumatore, generando peraltro, un impatto molto positivo nell’opinione pubblica. La suddetta problematica assume un particolare rilievo in quanto il comparto dell’uva da tavola ha acquisito negli ultimi anni, nonostante il lavoro svolto dalle Istituzioni e dagli operatori del settore, una immagine negativa per quel che concerne la numerosità dei trattamenti fitosanitari effettuati in vigneto e il conseguente rilascio di residui nell’ambiente e sull’uva che arriva sulla tavola del consumatore.

Coerentemente con le esigenze di una gestione più sostenibile, le modalità d’impianto sono cambiate, con una sempre maggiore tendenza ad adottare una minore profondità d’impianto, che oggi non deve superare i 30 centimetri. Ciò consente a seguito di uno sviluppo superficiale dell’apparato radicale, una più elevata efficienza nella gestione della nutrizione idrica e minerale, con significativi vantaggi in termini di input energetici da immettere nel processo produttivo e, quindi, di sostenibilità ambientale ed economica del sistema.

Anche la scelta delle distanze e del sesto d’impianto influisce notevolmente sulla sostenibilità dell’azienda viticola. In passato la viticoltura da tavola italiana ha adottato un sesto in quadro e distanze comprese tra i 2,80 e i 3,00 metri. Oggi, invece, le distanze e i sestri sono stabilite con una impostazione molto più flessibile che tiene conto dei diversi possibili obiettivi produttivi (produzioni precoci o tardive) e delle caratteristiche agronomiche delle cultivar (fertilità delle gemme, vigore, esigenze di luce, ecc.). L’adozione di ridotte distanze d’impianto sulla fila (< 2,60 metri) consente di avere un maggior numero di piante per

Fig. 2 *Forma di allevamento a Ypsilon*

ettaro e quindi, seppure con una minore produttività per pianta, una maggiore produttività per ettaro di vigneto (concetti già ampiamente associati nell'uva da vino e in molte altre colture) e quasi sempre precocità di maturazione e positivi risvolti sulle caratteristiche carpometriche e qualitative della produzione. Ciò nonostante, per alcune cultivar, pur mantenendo ridotte distanze sulla fila, risulta necessaria l'adozione di distanze tra le file ampie ($> 3,3$ metri), per l'ottenimento di un adeguato microclima all'interno dell'impianto, soprattutto in termini di radiazione luminosa e umidità. Varietà seedless, come Crimson, Sugraone e Thompson, caratterizzate da bassi valori di fertilità dei germogli, da bassa fertilità nei nodi in posizione basale e da elevato vigore, se coltivate adottando ridotte distanze d'impianto, necessitano di numerosi e intensi interventi di scacchiatura, defogliazione e sfemminellatura, che incidono notevolmente sui costi di gestione e quindi sulla sostenibilità economica dell'impianto.

Il risultato di tali tendenze è l'adozione di sesti rettangolari ($2,20 \times 2,80$ m; $2,20 \times 3,30$ m; $2,40 \times 3,50$ m; ecc.), che consentono oltre ai vantaggi già evidenziati, una più semplice gestione del suolo e una riduzione dei costi per la copertura dei tendoni con reti e/o film plastici. Tale abbattimento dei costi, riguarda sia quelli fissi per l'acquisto dei teli (minore superficie coperta) che variabili (minore numero di ore per le operazioni di posizionamento e di rimozione dei teli).

SCELTE "SOSTENIBILI" PER LA FORMA DI ALLEVAMENTO E L'ARCHITETTURA DELLE PIANTE

La forma di allevamento tradizionale della viticoltura da tavola italiana è rappresentata dal tendone, con la variante del doppio impalco tipo "Puglia". Com'è noto si tratta di una forma di allevamento a grande espansione, con parete vegetale a tetto orizzontale, caratterizzata da una ridotta quantità di superficie fogliare



Fig. 3 *Semplificazione delle operazioni in verde. (a) Tendone tradizionale, utilizzo di banchetto; (b) Ypsilon, operazioni eseguite direttamente da terra*

esposta, ma che garantisce una buona separazione tra la fascia vegetativa e quella produttiva. Negli impianti realizzati negli ultimi anni, con una visione attenta alle problematiche della “sostenibilità”, si riscontra con maggiore frequenza l’adozione di forme di allevamento a Y (fig. 2). Si tratta di forme di allevamento a grande espansione, con due fasce vegetative e produttive distanziate di circa 70 centimetri, ognuna inclinata rispetto all’asse verticale di un angolo variabile tra i 45° e i 60°, che consentono una maggiore efficienza della chioma e una più agevole ed efficace separazione tra gli organi vegetativi e produttivi. Adottando le forme di allevamento a Y si ottiene una più ampia distanza (> di 60 centimetri) dell’uva dal telo di copertura e si riducono sostanzialmente i punti di contatto della vegetazione con i teli o le reti di copertura. Ciò consente un significativo miglioramento delle condizioni microclimatiche dei vigneti coperti, dovuti a una maggiore circolazione dell’aria, un ridotto innalzamento dei valori termici della canopy e di conseguenza un’importante riduzione dei danni sulla vegetazione e sull’uva causati dalle elevate temperature. L’adozione di questa forma di allevamento consente di non dovere rimuovere i teli di copertura durante la stagione vegetativa, anche per le varietà tardive coperte sin dal germogliamento. La distanza dal suolo dei grappoli e della vegetazione e la naturale disposizione dei germogli sulle “braccia” della Y, consente, inoltre, una notevole riduzione dei tempi, e quindi dei costi, delle operazioni in verde effettuate sulla pianta. Con l’adozione di questa forma di allevamento, le operazioni di potatura verde sulla vegetazione e sui grappoli vengono effettuate direttamente da terra senza l’ausilio di banchetti, con un risparmio nei tempi per defogliazioni (- 50%), diradamento e potatura dei grappoli (-20%). Anche i costi per la realizzazione della struttura (pali e fili) e per la copertura degli impianti sono inferiori.

Per raggiungere risultati di sostenibilità è, inoltre, importante scegliere accuratamente l’altezza d’impalcatura della pianta, il posizionamento dei capi a



Fig. 4 *Impalcatura della pianta prossima ai fili portanti e conseguente posizionamento orizzontale dei capi a frutto*



Fig. 5 *Evidente acrotonia dovuta ad un impalcatura bassa della pianta e al conseguente posizionamento quasi verticale dei capi a frutto*

frutto e adottare una corretta tecnica per la costituzione della struttura scheletrica delle viti con particolare riferimento alle branche principali. L'altezza d'impalcatura della pianta, dovrebbe essere prossima (non superiore a 30 cm) ai fili che costituiscono la struttura portante e comunque a una distanza dal suolo non inferiore a 160-170 centimetri negli impianti allevati a tendone, e 140-150 cm per quelli a Y. Un notevole vantaggio nell'impalcare la pianta a un'altezza prossima a quella dei fili portanti è di potere posizionare i tralci fruttiferi lasciati con la potatura secca in modo quasi orizzontale (fig. 4), con significativi vantaggi di ordine fisiologico e produttivo. Legare i capi a frutto in posizione orizzontale consente, infatti, di ridurre l'acrotonia e quindi la dominanza apicale tipica della vite e particolarmente presente in sistemi produttivi di elevato vigore e avere di conseguenza una minore percentuale di gemme cieche e una uniformità nel germogliamento con vantaggi sia per il ciclo annuale che per quelli successivi. Queste considerazioni assumono un particolare rilievo negli ambienti della Sicilia a clima caldo e nei vigneti coperti in dicembre-gennaio,



Fig. 6 *Allevamento della pianta: impalcatura. (a) Pianta impalcata al primo anno, utilizzando le femminelle; (b) Pianta impalcata al secondo anno, su tralci del tratto verticale*

per ottenere produzioni molto anticipate. Così operando si riduce, inoltre, la necessità di lasciare in potatura invernale strutture di rinnovo (speroni), che richiedono l'effettuazione negli anni di tagli di grosse dimensioni sulle branche, con effetti negativi sullo stato sanitario delle piante (malattie del legno), sulla efficienza fisiologica e sulla capacità produttiva delle viti.

La costituzione delle branche deve essere realizzata in un solo anno, possibilmente nel primo anno d'impianto utilizzando le femminelle, cioè i germogli originati dalle gemme pronte (fig. 6a e 6b). Così operando si migliora il sistema "vascolare" e l'efficienza "idraulica" della pianta, si riduce l'incidenza delle malattie del legno, si facilitano le operazioni di potatura invernale, si rallentano i processi di senescenza e si migliora l'efficienza fisiologica delle piante.

SCELTE "SOSTENIBILI" PER LA GESTIONE DEL SUOLO

La gestione del terreno, che fino a poco tempo fa era basata sul concetto di avere il terreno sempre libero dal cotico erboso ed era praticata unicamente

Fig. 7 *Inerbimento del vigneto*

effettuando frequenti lavorazioni meccaniche, oggi viene rivisitata nell'ottica di una viticoltura sostenibile. La presenza di un cotico erboso nel vigneto, da gestire con tecniche diverse in relazione alla tipologia, alle modalità, al periodo e al tempo di permanenza nell'appezzamento, è considerata come una opportunità di cui il gestore del sistema vigneto dispone per raggiungere nel modo più efficace l'obiettivo produttivo. Oggi, si sono affermate, laddove le condizioni pedoclimatiche lo permettono, nuove strategie di gestione del suolo, quali l'inerbimento, la non lavorazione, il diserbo dell'interfila e la pacciamatura, che consentono un risparmio degli input esterni, un significativo contenimento dei costi e, soprattutto, garantiscono una migliore conservazione della fertilità agronomica del suolo. Una corretta gestione del suolo, infatti, non deve avere come unico obiettivo il controllo delle erbe infestanti, ma deve essere valutata come mezzo per conservare e migliorare le proprietà fisiche e chimiche del terreno, per garantire l'accumulo e la conservazione delle risorse idriche, per ridurre l'erosione, per promuovere la biodiversità e per gestire l'equilibrio vegeto-produttivo delle viti.

La lavorazione meccanica del suolo, oltre a costituire una voce di costo importante nel bilancio dell'azienda, può essere nociva all'equilibrio del vigneto. In particolare con le lavorazioni estive aumenta l'ossidazione della sostanza organica, e in relazione agli attrezzi utilizzati posso aumentare anche le perdite di acqua per evaporazione. Con le lavorazioni profonde (> 20 cm) si tagliano le radici presenti negli strati più superficiali (le più efficienti nell'assorbimento), laddove è maggiore la presenza degli elementi nutritivi e l'attività biotica.

Una valida alternativa alla lavorazione è risultato l'inerbimento (fig. 7), pratica, per altro, già ampiamente diffusa nelle maggiori realtà viticole mondiali di uva da vino e da tavola.

Attraverso tale tecnica di gestione, si consegue una netta diminuzione delle azioni di disturbo che gli organi meccanici esercitano sul terreno, con conseguente salvaguardia della struttura e della fertilità del suolo. Molto im-

portanti sono le influenze positive sulla struttura del terreno, dovute non solo alla riduzione dell'effetto erosivo della pioggia battente, ma anche, e soprattutto, agli effetti favorevoli, non ultimo quello di rallentare l'instaurarsi della stanchezza del terreno dovuti al continuo apporto di sostanza organica, per il periodico sfalcio della vegetazione prodotta.

Il cotico erboso svolge, inoltre, un ruolo fondamentale sulla complessità dell'agro-ecosistema e nell'equilibrio di tutti i fenomeni chimici, fisici e biologici che in esso si svolgono. Nei terreni inerbiti è stata riscontrata una maggiore densità, rispetto ai terreni lavorati o diserbati, di microfauna tellurica utile (lombrichi, insetti, micorrize e altri microrganismi), che contribuisce all'aumento della dotazione in humus e della porosità del suolo e quindi indirettamente favorisce la formazione delle riserve idriche e migliora la capacità di scambio cationico, con un conseguente minor dilavamento degli elementi nutritivi.

L'inerbimento può essere un mezzo utile per modulare e gestire il vigore del vigneto, in quanto se il terreno è dotato di bassa fertilità la semina di leguminose e il loro successivo sovescio, al momento della fioritura, arricchisce la dotazione di azoto del terreno e conseguentemente aumenta il vigore delle piante. Al contrario in un vigneto eccessivamente vigoroso, la semina di essenze della famiglia delle graminacee determina una competizione idrica e minerale con le viti e favorisce la riduzione del vigore.

È importante evidenziare che il vigneto in cui si effettua un inerbimento, artificiale temporaneo o permanente, è un sistema produttivo diverso da un vigneto in cui la gestione del suolo si attua con le tradizionali lavorazioni meccaniche. È necessario, quindi, diversificare la gestione soprattutto in termini di fabbisogni di acqua e di elementi nutritivi. Infine, da un punto di vista gestionale, l'inerbimento è una soluzione meno costosa rispetto alle lavorazioni meccaniche, per la riduzione dei tempi complessivi di lavoro necessari per unità di superficie, soprattutto in considerazione della maggiore rapidità delle operazioni di sfalcio del cotico erboso rispetto alla lavorazione meccanica.

SCELTE "SOSTENIBILI" PER LA GESTIONE DELLA NUTRIZIONE IDRICA E MINERALE

L'irrigazione è indispensabile nella viticoltura da tavola italiana. Nell'ottica della sostenibilità del comparto è necessario passare da una gestione dell'irrigazione che si basa quasi esclusivamente sul concetto di distribuire la mag-



Fig. 8 *Posizionamento delle ali gocciolanti sul suolo e lungo la fila*

giore quantità di acqua possibile, a una gestione irrigua capace di ottimizzare l'efficienza dell'uso dell'acqua (WUE). Ciò richiede innanzitutto la formazione negli operatori di una nuova "cultura" nei confronti della risorsa acqua e la capacità di effettuare scelte corrette, sui quantitativi di acqua da erogare, sui periodi di erogazione determinati in funzione della fase fenologica, sulle modalità di erogazione (numero, tempi e turni) e sui metodi irrigui (goccia, sub-irrigazione). Nella viticoltura da tavola la strategia di irrigazione in deficit, declinata come realizzazione durante il ciclo annuale di condizioni di stress, seppure controllato in termini di fase fenologica e di entità dello stress, ha una possibilità di applicazione molto ridotta. Recenti e numerose ricerche dimostrano, invece, che una gestione razionale della risorsa irrigua, effettuata sulla base della fisiologia della vite, consente un notevole risparmio nei quantitativi di acqua somministrati, senza significativi effetti sulla quantità delle produzioni e sulle caratteristiche qualitative delle uve prodotte. Nell'ottica di razionalizzare la gestione irrigua con grande interesse si debbono valutare le potenzialità offerte da piattaforme web, sensori e strumenti di semplice utilizzo e di costo ridotto, che costituiscono validi sistemi di supporto alle decisioni (SSD). Essi consentono sulla base di parametri pedologici, climatici e fisiologici di monitorare in tempo reale e di formulare delle previsioni, sullo stato idrico delle piante e/o sul contenuto idrico del suolo.

Il posizionamento delle ali gocciolanti lungo la fila e sul suolo (fig. 8), possibile adottando strategia di non lavorazione del suolo e/o di inerbimento della interfila, così come l'utilizzo di impianti irrigui di sub-irrigazione consente una maggiore efficienza dell'uso dell'acqua, in termini di quantità complessiva di acqua somministrata e di uso dell'acqua da parte della pianta. Nelle piante irrigate con il sistema della sub-irrigazione caratterizzate da apparati radicali concentrati attorno all'ala gocciolante, la ricerca ha evidenziato una maggiore produzione di sostanza secca per unità di superficie e una sua diversa ripartizione tra organi vegetativi e uva, a favore di quest'ultima.

La nutrizione minerale è strettamente legata a quella idrica. Adottare la fertirrigazione significa certamente aumentare la sostenibilità del sistema vigneto. Si migliora, infatti, l'efficacia degli elementi minerali, potendo sincronizzare il momento di somministrazione con quello di assimilazione da parte della pianta, si riducono le quantità da somministrare, essendo poco significative le perdite di elementi nutritivi e si abbattano significativamente i costi di distruzione.

Un ulteriore e importante contributo al raggiungimento di una più efficiente e sostenibile gestione della nutrizione minerale delle piante è fornita dallo sviluppo di sistemi di monitoraggio che consentono la misura in campo della dotazione in elementi nutritivi della pianta e della soluzione circolante del terreno.

L'adozione di tali sistemi consente di modulare gli apporti di nutrienti sulla base delle reali necessità della pianta in funzione della cultivar e dello stadio fenologico.

L'impiego, infine, di concimi fogliari e di prodotti di origine naturale con azione biostimolante, quali alghe, estratti di origine vegetale e animale, oggi sempre più disponibili, sembra possa rappresentare un valido contributo nel soddisfacimento delle esigenze nutritive del vigneto, svolgendo un ruolo di integrazione alla tradizionale nutrizione minerale.

CONCLUSIONI

L'uva da tavola riveste, ancora, una notevole importanza nell'agro-alimentare italiano nonostante evidenti segnali negativi sulla tenuta produttiva e commerciale, sulla capacità competitiva del settore e non ultimo sull'interesse e l'impegno che le Istituzioni nazionali e regionali riservano al comparto. Negli ultimi anni si è registrata una continua flessione (-2,3% all'anno) delle superfici, un calo delle esportazioni che nel 2014 è stato del 12% rispetto al 2013 con il peggiore risultato dal 2009. L'Italia, da diversi anni, non rappresenta più in termini di innovazione di processo, di prodotto e di filiera produttiva il punto di riferimento mondiale. Le attività di ricerca, di sviluppo e trasferimento delle innovazioni sono certamente insufficienti e anche se alcune di grande possibile rilevanza risultano poco coordinate tra i diversi attori della filiera, a volte non adeguate alle sfide che un comparto globalizzato deve affrontare e con obiettivi che difficilmente potranno riportare l'Italia al ruolo di Leader mondiale, che le veniva riconosciuto.

Fare recepire al settore la necessità di sviluppare strategie produttive e ge-

stionali capaci di garantire una crescita sostenibile, rappresenta oggi una scelta ineludibile. Come ho cercato di evidenziare il segmento della produzione ha già intrapreso un minimo processo di rinnovamento che in molte scelte appare coerente, forse in maniera casuale, con le esigenze di sostenibilità, declinata con una visione olistica cioè capace di promuovere un'economia più efficiente sotto il profilo delle risorse, più verde e più competitiva.

È compito delle Istituzioni potenziare e migliorare la ricerca e favorire il trasferimento, nel modo più ampio e corretto, delle innovazioni già disponibili. Compete agli operatori assumere consapevolezza dell'assoluta necessità di avviare un profondo e rapido rinnovamento del comparto e dell'importanza che esso avvenga principalmente sulla base dei risultati della ricerca e in particolare di quella che viene sviluppata in Italia. I prossimi programmi di sviluppo rurale per la loro impostazione "bottom up" nella individuazione e nella formazione delle attività che dovranno essere condotte, possono rappresentare una formidabile occasione per un forte impulso al percorso di rinnovamento del comparto dell'uva da tavola.

RIASSUNTO

Far recepire al comparto dell'uva da tavola la necessità di sviluppare strategie produttive e gestionali capaci di garantire una crescita "sostenibile", rappresenta oggi un'assoluta priorità e un'esigenza ineludibile.

Nella relazione vengono illustrati esempi di "best practices" verificate dalla ricerca, coerenti con le esigenze di gestione "sostenibile" dei vigneti, relative alle problematiche connesse all'impianto del vigneto, alle forme di allevamento e all'architettura delle piante, alla gestione del suolo e della nutrizione idrica e minerale.

ABSTRACT

Perceive to the table grapes sector the need to develop production strategies and management to ensure a "sustainable" growth, it's now a top priority and a basic requirement.

The report provides examples of "best practices" verified by research, consistent with the needs of "sustainable" management of the vineyards, concerning issues related to the system of the vineyard, the types of farming and the architecture of the plants, the management of soil and water and mineral nutrition.

L'agrumicoltura italiana e la sfida della Tristeza: il progetto del futuro

I. STATO ATTUALE DELL'AGRUMICOLTURA ITALIANA E CONTESTO INTERNAZIONALE DI RIFERIMENTO

La coltivazione degli agrumi a livello mondiale ha superato nel 2012 la soglia di 130 milioni di tonnellate, oltre metà delle quali relative all'arancio dolce. Tale produzione proviene da una superficie di poco meno di 9 milioni di ettari (FAOSTAT, 2014). Nel suo complesso il settore agrumicolo include cinque macro categorie di prodotti (arance, mandarini e mandarino simili, limoni e lime, pompelmi e pummeli, agrumi minori) che hanno importanza tanto per la produzione di frutti utilizzati per il consumo fresco, quanto per l'ottenimento di prodotti derivati (succhi, oli essenziali, altri co-prodotti). Più recente, ma molto significativo è l'utilizzo su base industriale di piante di agrumi per il settore vivaistico-ornamentale.

Con specifico riferimento alla produzione di frutti di agrumi l'Italia continua a essere presente a livello mondiale nell'ambito dei primi dieci Paesi. Tra questi si è assistito nel corso degli ultimi dieci anni a un accentuato dinamismo che ha riguardato soprattutto la Cina e l'India, che hanno raddoppiato i loro livelli di produzione. La crescita produttiva ha riguardato anche Paesi emergenti o che manifestano un rinnovato interesse verso l'agrumicoltura (Egitto, Marocco, Turchia e Sud Africa) e che si pongono come forti competitor dell'Italia per quanto riguarda volumi produttivi e, soprattutto, capacità di penetrazione sui mercati.

Nonostante il ruolo rivestito nel panorama internazionale, l'agrumicoltura italiana attraversa una fase delicata di ristrutturazione e di riconversione. Pur

* *Dipartimento di Agricoltura, Alimentazione e Ambiente, Università di Catania*

in presenza di dati ufficiali spesso disomogenei e non sempre affidabili, con differenze significative tra le diverse fonti statistiche (ISMEA, 2013), stime considerate attendibili rilevano come, nell'arco temporale 2003-2012, il nostro Paese abbia perso poco meno del 20% della superficie agrumicola (Scuderi, comunicazione personale). L'arancio, specie che fornisce oltre il 50% della produzione agrumicola nazionale, e il limone sono le due specie che fanno registrare il decremento percentuale maggiore. La Sicilia continua a essere la prima regione italiana produttrice di agrumi contribuendo per oltre il 50% ai volumi totali della produzione, seguita dalla Calabria e dalla Puglia. Degni di approfondimento sono anche i dati relativi alla destinazione delle produzioni agrumicole italiane. Il nostro Paese esporta oggi appena il 10% della produzione totale (pari a circa 3,5 milioni di tonnellate) a fronte della percentuale di oltre il 50% esportato dalla Spagna (Scuderi e Sturiale, 2013). Ciò concorre, unitamente ai crescenti volumi che vengono annualmente importati, a determinare, ormai da oltre un decennio, saldi import-export negativi. Occorre infine rilevare come negli ultimi anni sia ulteriormente e significativamente accresciuto il quantitativo di prodotto che viene destinato all'industria di trasformazione che è oggi pari a circa un terzo della produzione totale, determinando una configurazione nelle dinamiche di utilizzo del prodotto differente rispetto a quella registrata sino agli anni '90, principalmente indirizzata verso il mercato del consumo fresco.

2. L'AGRUMICOLTURA POST TRISTEZA

A determinare lo stato di sofferenza del nostro comparto agrumicolo contribuiscono diverse concause, alcune delle quali di origine certamente remota, quali le ridotte dimensioni aziendali e l'eccessiva lunghezza della filiera; a queste più recentemente si è assommata anche la diffusione del virus della "Tristeza degli agrumi" (*Citrus tristeza virus* – CTV), considerato, a buon titolo, uno dei più distruttivi patogeni delle piante (fig. 1).

I sintomi determinati dalla presenza del virus sono mutevoli in funzione di diversi fattori e tra questi un ruolo determinante viene assunto dalla combinazione necto/portinnesto considerata: sono suscettibili le varietà di arancio dolce, mandarino e simili, pompelmo quando il soggetto è rappresentato dall'arancio amaro, è considerato resistente il limone. Ulteriori fattori di variabilità nell'espressione dei sintomi sono rappresentati dall'età della pianta, dai ceppi del virus, dalla cultivar considerata, dalle condizioni ambientali, dallo stato di salute complessivo della pianta (Catara et al., 2008). I principali



Fig. 1 *Agrumeto affetto da Tristeza*

quadri sintomatici variano in relazione al ceppo virale e fanno riferimento a deperimento, butteratura del legno e giallume dei semenzali. Come precedentemente richiamato le combinazioni di innesto più interessate dalla malattia sono quelle tra le cultivar delle diverse specie suscettibili e il portinnesto arancio amaro. Quest'ultimo ha rappresentato sino agli anni 2000 il soggetto elettivo, quasi esclusivo, dell'agrumicoltura italiana della quale ha determinato e influenzato anche le scelte relative alla configurazione degli impianti e alla modalità di gestione. La presenza dell'arancio amaro è stata pertanto decisiva per la diffusione del virus (a oggi in oltre 30.000 ha di impianti secondo i dati del Servizio Fitosanitario della Regione Siciliana), e rende necessaria una riconversione con l'utilizzo di portinnesti alternativi, tolleranti la Tristeza.

In realtà la Tristeza è un patogeno conosciuto da tempo. Le prime segnalazioni del virus risalgono infatti ai primi anni '50 in Israele; successivamente esso ha avuto una lenta diffusione sino all'improvvisa e violenta comparsa registrata in Spagna nel 1957 e alle successive recrudescenze degli anni '80 e 2000. Il numero delle piante morte nei diversi Paesi agrumicoli a seguito dell'infezione assomma a oltre 100 milioni (Román et al., 2004). I rinvenimenti nei diversi Paesi europei sono stati, sino agli anni 2000, piuttosto sporadici. In Italia singole segnalazioni su agrumi, sia per uso produttivo che

ornamentale, sono state riportate dagli anni '50 in poi, ma la malattia è divenuta incontrollabile, assumendo carattere epidemico, nei primi anni del nuovo millennio con migliaia di piante risultate infette sia in Sicilia che in Calabria (AA.VV., 2014).

L'evolversi degli eventi ha determinato l'esigenza di aggiornare il DM 22/11/1996 di lotta obbligatoria contro il virus, sino alla adozione del DM 31/10/2013 riguardante "Misure fitosanitarie per il controllo del virus della Tristeza degli agrumi" che prevede le azioni di monitoraggio ufficiale, le misure fitosanitarie nelle zone indenni, in quelle interessate in diversa misura epidemica dalla presenza del virus, nonché le misure da perseguire nei vivai e per la costituzione degli impianti. Si è in definitiva pertanto passati, anche nel nostro Paese, da una fase di lotta a una fase di gestione, sulla base delle esperienze progressivamente accumulate in altri Paesi agrumicoli, Spagna e Israele *in primis*. È andata così maturando la consapevolezza che, qualora affrontata con opportune misure, la diffusione del virus può essere contenuta e i relativi danni limitati. Va peraltro ricordato come in altri Paesi l'avvento del CTV non ha arrestato il continuo incremento delle superfici agrumetate e della produzione, ma ha talora favorito lo sviluppo di una agrumicoltura più moderna, fondata su portinnesti alternativi all'arancio amaro e con impianti più razionali. Emblematico a tale proposito risulta essere il caso della Spagna: questo Paese, nonostante l'ampiezza delle superfici infette e l'elevato numero di piante morte, dopo una fase di riconversione e di reimpianto è a oggi il primo produttore di agrumi del Mediterraneo e uno dei più importanti al mondo.

Le considerazioni sopra espresse fanno ritenere che l'avvento del virus della Tristeza ponga il nostro Paese di fronte alla necessità di una radicale riconversione dell'agrumicoltura ma, ancora prima, del settore vivaistico che lo deve sostenere. Questo necessario passaggio rappresenta una sfida per l'intera filiera, ma tale sfida non è solo tecnica o agronomica, ed è in qualche misura anche «sociale», certamente economica e generazionale. Difatti, sia pure tra immancabili contraddizioni e tentennamenti, si assiste negli ultimi anni a interessanti fenomeni di ammodernamento e adeguamento di un settore che era tradizionalmente poco propenso a innovazioni; si assiste altresì a un progressivo aumento della superficie media aziendale delle imprese agrumicole passata nel periodo 2000-2010 da 0,86 a 1,62 ettari (ISMEA, 2014). La vecchia agrumicoltura, tradizionalmente statica in termini di varietà, portinnesti e scelte di impianto, sta lasciando il posto a una agrumicoltura più moderna e competitiva, forse anche affidata a operatori maggiormente consapevoli e motivati.

In tale quadro le conoscenze ed esperienze maturate in altri Paesi stanno determinando e influenzando (a volte forse in maniera sin troppo acri-



Fig. 2 *Operazioni di espanto in un agrumeto*

tica) le azioni utili a fronteggiare i problemi determinati dalla presenza del virus, nonché i nuovi modelli di impianto e di gestione adottabili. In definitiva le principali azioni intraprese fanno riferimento alle operazioni di estirpazione (fig. 2), più o meno totale, degli agrumeti infetti e all'eventuale reimpianto o reinfittimento, alla produzione e diffusione di portinnesti alternativi all'arancio amaro, alla valutazione fitosanitaria del materiale di propagazione attraverso la certificazione, al monitoraggio della malattia e della sua epidemiologia e diffusione (Bertuccio et al., 2012; Catara e Tessitori, 2006).

In particolare tutte le problematiche di natura fitosanitaria sopra richiamate coinvolgono specifiche competenze di difesa dai patogeni e parassiti, e risultano oggi spesso regolate con apposite normative. Esse peraltro sono state oggetto di recente approfondimento, anche da parte dell'Accademia dei Georgofili (Catara et al., 2008).

Nel presente contributo vengono invece espresse alcune considerazioni sulle implicazioni di natura tecnica e agronomica che la conclamata presenza del virus e la necessità di fronteggiarne la diffusione ha determinato e sta con-

	Suscettibilità alle principali malattie da virus e viroidi S: suscettibile T: tollerante			Resistenza ad avversità abiotiche A: alta M: media B: bassa		
	TRISTEZA	EXOCORTITE	XILOPOROSI	SICCITÀ	CALCARE	SALINITÀ
Arancio amaro	S	T	T	M	A	A
Citrango Troyer	T	S	T	B/M	B/M	B
Citrango Carrizo	T	S	T	B/M	B/M	B
Citrumelo	T	T	T	A	B	M
Poncirus	T	S	T	B	B	B
Alemow	S	T	S	M	M/A	A

Tab. 1 *Principali portinnesti degli agrumi*

tinuando a determinare sulla nostra agrumicoltura, modificandone l'assetto e incidendo sull'evoluzione delle tecniche di impianto e di gestione.

3. LA SCELTA DEL PORTINNESTO

A fronte della situazione illustrata, nella configurazione dell'agrumeto appare sempre più decisiva la scelta del soggetto. D'altronde la decisione assunta dall'imprenditore agricolo sul portinnesto da impiantare è certamente più vincolante e duratura rispetto a quella relativa alla varietà, anche in virtù dell'elevato dinamismo varietale che contraddistingue la moderna agrumicoltura.

La progressiva diffusione in Italia della Tristeza, ferma restando l'opportunità di non impiegare lo stesso portinnesto per evitare fenomeni legati alla stanchezza del terreno, comporta la necessità di sostituire l'arancio amaro con portinnesti alternativi nei nuovi impianti. L'arancio amaro, che presenta buona tolleranza a numerose avversità biotiche e abiotiche a eccezione di CTV, conserva la sua validità esclusivamente in combinazione con il limone.

Tra i portinnesti utilizzati in sostituzione dell'arancio amaro (tab. 1) si sono da tempo diffusi i citrange [*Citrus sinensis* (L.) Osbeck x *Poncirus trifoliata* (L.) Raf.], e tra questi il Troyer e il Carrizo nonché più recentemente il C35, che induce uno sviluppo più ridotto della pianta. Di questi soggetti è importante sottolineare, oltre alla suscettibilità all'exocortite, i bassi livelli di resistenza a salinità e calcare che ne sconsigliano l'utilizzo in alcuni ambienti siciliani. Un soggetto altamente produttivo è il citrumelo [*C. paradisi* Macf. x *P. trifoliata* (L.) Raf.] il cui impiego è però da evitare su terreni calcarei; esso induce elevata vigoria particolarmente accentuata nelle combinazioni con i cloni di origine nucellare. Altri portinnesti sono sostanzialmente assenti nei



Fig. 3 *Produzione di portinnesti di agrumi in fitocella e in ambiente protetto*

nuovi impianti sia per la loro suscettibilità alle avversità abiotiche dell'arancio trifogliato [*P. trifoliata* (L.) Raf.], sia per la sensibilità alla Tristeza dell'Alemow (*C. macrophylla* Wester).

L'impiego di portinnesti alternativi all'arancio amaro rende indispensabile l'utilizzo di materiale di propagazione certificato, e ciò sia in vivaio, sia in pieno campo nel caso di reinnesti. Infatti molti dei soggetti tolleranti a CTV risultano sensibili ad agenti di malattie trasmissibili per innesto (viroidi responsabili di exocortice e xiloporosi), diffusi in molte delle cultivar dell'agrumicoltura italiana, ma asintomatici nelle combinazioni di innesto su arancio amaro.

Oltre ai portinnesti consolidati, riscuotono interesse portinnesti italiani e stranieri di recente diffusione che sono oggetto di sperimentazione in combinazione con le nostre varietà, ovviamente tutti resistenti a CTV poiché ottenuti per incrocio con l'arancio trifogliato (fig. 3).

In particolare Bitters, Carpenter e Furr – ibridi di mandarino Sunki (*C. sunki* Hort. ex Tan.) e arancio trifogliato – costituiti nel 1962, sono stati rilasciati dall'Università di Riverside (California) nel 2009 e appaiono par-

ticolarmente promettenti per la buona adattabilità su terreni calcarei e per la medio-bassa vigoria che inducono alla pianta (Kupper et al., 2010). In Spagna, un lungo lavoro di miglioramento genetico iniziato negli anni '70 dai ricercatori dell'IVIA, ha portato alla brevettazione di due soggetti, già diffusi nella penisola iberica, il F&A5 e il F&A13 – ibridi di mandarino Cleopatra (*C. resnii* Hort. ex Tan.) e arancio trifogliato – i quali, oltre a CTV, sono tolleranti a calcare e salinità e inducono elevata produzione; il secondo inoltre viene classificato come parzialmente nanizzante (Forner et al., 2003). In Italia il Centro di Ricerca per l'Agrumicoltura e le Colture Mediterranee di Acireale (CRA-ACM) ha brevettato nel 2014 un portinnesto (68-IG-26-F6-P12), ottenuto nel 1968 dall'incrocio di *C. latipes* per arancio trifogliato, che ha mostrato una elevata produttività in combinazione di innesto con arancio dolce (Washington Navel e Tarocco TDV) e clementine (Reforgiato Recupero et al., 2009).

La rapida descrizione del panorama dei principali portinnesti degli agrumi fa individuare come i fattori attualmente limitanti l'uso dei diversi portinnesti nel nostro Paese sono la ridotta tolleranza che questi manifestano nei confronti di calcare e salinità. Questi fattori limitanti pregiudicano l'utilizzo di alcuni soggetti, peraltro interessanti, in diversi areali siciliani e potrebbero, in futuro, limitare lo sviluppo dell'agrumicoltura anche in altre aree per il progressivo peggioramento di alcune delle caratteristiche dei suoli e delle acque. Di recente è apparso pertanto opportuno avviare un programma di breeding per ottenere nuovi portinnesti (mediante incrocio) in grado di meglio adattarsi a questi ambienti superando i vincoli sopra descritti. Tale programma è in corso di svolgimento presso il Centro di Ricerca per l'Agrumicoltura e le Colture Mediterranee di Acireale (CRA-ACM) e ad esso collabora anche l'Università di Catania per gli aspetti relativi alla identificazione degli ibridi e alla coltura *in vitro*. I parentali femminili presi in considerazione in questo programma sono Alemow e mandarino Cleopatra, quelli maschili arancio trifogliato, citrumelo Swingle e C35 per un totale di 5 combinazioni di incrocio (Caruso et al., 2014).

La scelta dei portinnesti per l'agrumicoltura dei prossimi anni potrà in definitiva avvalersi dei portinnesti il cui utilizzo è già consolidato anche in Italia, nonché di alcuni di quelli già sperimentati con successo in altri Paesi. Con riferimento a questi ultimi ovviamente particolare attenzione andrà posta alla influenza che potranno determinare in combinazione con le principali varietà dell'agrumicoltura italiana, soprattutto con le cultivar di arancio a polpa pigmentata per le quali la qualità assume un ruolo determinante in relazione alla pigmentazione antocianica non solo a livello della polpa, ma anche della

	CITRANGE CARRIZO	CITRANGE C35	BITTERS (C22)	CARPENTER (C54)	FURR (C57)	68-IG-26- F6-PI2	CITRUMELO SWINGLE
SST (°Brix)	10,6	11,0	10,9	9,8	10,7	9,8	9,9
Acidità (g/L)	1,3	1,2	1,2	1,1	1,3	1,2	1,3
Antocianine (mg/L)	4,2	7,6	7,7	5,2	5,0	2,3	3,2
CC Index buccia	9,9	9,5	11,1	10,7	9,5	9,1	8,4
Produzione cumulata (2013/2014 – 2014/2015)	25,1	34,8	40,2	19,6	23,3	12,8	16,4

Tab. 2 Parametri qualitativi e della produzione di arancio dolce (*Tarocco Scirè*) innestato su 7 soggetti e messo a dimora nel 2011

buccia. Negli ultimi anni programmi di valutazione sono stati in tal senso avviati dalle principali istituzioni scientifiche, in Sicilia anche con il supporto del competente Assessorato alle Risorse Agricole e Alimentari. In tabella 2 si riportano i dati preliminari di un confronto condotto su piante di Tarocco Scirè innestate su diversi soggetti. È interessante rilevare come Bitters, seguito da C35, fanno registrare i più elevati livelli di produzione cumulata, determinata da una più rapida entrata in produzione rispetto al citrange Carrizo che si attesta sui valori di Carpenter e Furr. I primi due soggetti manifestano inoltre maggiori livelli di pigmentazione antocianica di succo e buccia rispetto al citrange Carrizo.

4. LA SCELTE DI IMPIANTO E I SISTEMI DI ALLEVAMENTO

Gli agrumeti di nuova concezione devono necessariamente rispondere alle moderne esigenze di semplicità di gestione ed efficienza produttiva e i nuovi impianti fanno difatti riferimento a schemi improntati a una maggiore attenzione ai costi di gestione rispetto al passato (fig. 4).

Con riferimento alle scelte relative alla varietà i vincoli determinati dalla necessità di utilizzare materiale di propagazione sano, rendono imprescindibile il ricorso a quelle varietà (attualmente oltre un centinaio) già registrate nel servizio nazionale di certificazione volontaria (Caruso et al., 2009) e la cui conservazione per la premoltiplicazione è assicurata presso il CRA-ACM e il Centro di Ricerca, Sperimentazione e Formazione in Agricoltura “Basile Caramia”; per tali varietà i vivaisti possono assicurare la fornitura di materiale



Fig. 4 *Agrumeto a due anni dall'impianto*

certificato virus esente o virus controllato. Con riferimento agli interventi a medio termine risulta oggi indispensabile però un aggiornamento dell'elenco delle accessioni utilizzabili ai fini della certificazione, sia per quanto riguarda le varietà sia per quanto riguarda i portinnesti e ciò allo scopo di dare riscontro alle esigenze degli operatori che richiedono di potersi avvalere delle nuove varietà che le diverse istituzioni di ricerca hanno negli ultimi anni costituito, rilasciato o introdotto. A titolo di esempio si ritiene prioritaria l'immissione nel circuito di certificazione di alcune varietà di arancio a polpa pigmentata quali il Tarocco Ippolito m 507, che si caratterizza per una elevata pigmentazione della polpa e della buccia, il Tarocco Sant'Alfio m 509, a oggi il più tardivo, e il Moro m 45 risanato per microinnesto, oggi preferito all'omologo clone di origine nucellare. Sempre con riferimento all'arancio dolce si dovrebbero inserire le cultivar ombelicate a maturazione tardiva Chislett Navel e Powell Navel (La Rosa e Continella, 2010), nonché i nuovi cloni di Valencia Delta e Midnight, che possiedono caratteristiche superiori rispetto ai vecchi cloni (Tribulato et al. 2001). Analoga attenzione dovrà essere posta al Clementine Tardivo, di recente diffusamente impiantato nel calabrese e nel metapontino, ai nuovi triploidi brevettati dal CRA-ACM, Sweet Sicily ed Early Sicily, ad alcuni cloni di Femminello per il limone, al pompelmo Star Ruby, nonché ai nuovi portinnesti di recente introduzione, sopra descritti.

Con riferimento alle scelte di impianto sono ovviamente ulteriormente aumentate le variabili da considerare soprattutto in funzione delle caratteristiche dei diversi portinnesti utilizzabili (non sempre ancora ben definite). Con riferimento alle varietà i criteri che vincolano la scelta dei sistemi nonché delle distanze di impianto delle diverse specie derivano soprattutto dalle caratteristiche biologiche che l'arancio, il limone, il mandarino, il pompelmo e i loro ibridi manifestano. Gli agrumi infatti, originari da ambienti tropicali e subtropicali, sono specie sempreverdi (con l'eccezione del *P. trifoliata*), e generalmente mesotone. La loro chioma, in assenza di interventi cesori, tende ad assumere nel medio lungo periodo una forma tendenzialmente globosa, ma le dimensioni complessive che le singole piante assumono sono molto variabili in funzione di ciascuna combinazione portinnesto/nesto presa in considerazione. Non mancano poi variazioni significative con riferimento al portamento che può variare dall'assurgente al procombente. A motivo delle indicazioni di cui sopra, e a differenza di quanto osservato per la maggior parte delle altre specie arboree da frutto, per gli agrumi non si è assistito a significative o sconvolgenti evoluzioni delle forme di allevamento proposte per gli impianti e, di fatto, il globo rimane un modello ancora attuale ed efficiente. Ciò è vero soprattutto per i primi anni di sviluppo delle piante e allorquando esse sono disposte sulla fila a distanze tali da consentire il mantenimento delle chiome separate. Nelle configurazioni caratterizzate da ridotte distanze sulla fila si assiste invece a una progressiva maggiore contiguità delle chiome che viene assecondata sino alla formazione di unità produttive contigue e tali da poter essere gestite a siepone (fig. 5).

Il ricorso, pressoché esclusivo, a forme di allevamento in volume ha ovviamente ripercussioni sulla competizione per la luce sia tra i filari, che devono essere adeguatamente distanziati in funzione delle dimensioni definitive delle piante, sia, soprattutto, sulla possibilità di intercettazione luminosa nelle zone più interne della chioma che, a lungo andare, determina una progressiva allocazione della produzione in prossimità della sua parte più esterna. La chioma pertanto, soprattutto nelle specie con maggiore densità, quali molti mandarino-simili, deve essere sottoposta ad azioni mirate di sfoltimento (finestrature), possibilmente con cadenza annuale, per favorire la penetrazione della luce nelle zone più interne (Mennone, 2013).

L'agrumeto è un impianto arboreo a ciclo poliennale, caratterizzato da elevata longevità; tuttavia rispetto al passato, per i mutati assetti colturali, la vita produttiva dell'agrumeto si è consistentemente ridotta e l'impianto non può più considerarsi un investimento per diverse generazioni. Inoltre oggi,



Fig. 5 *Impianto di arancio Tarocco gestito a siepone*

rispetto al passato, le scelte relative all'impianto sono improntate a criteri di efficienza produttiva ed economica e pertanto vincolate principalmente all'esigenza di favorire una entrata in produzione degli agrumeti quanto più rapida. Il ciclo commerciale degli impianti, peraltro, si esaurisce molto più rapidamente rispetto al passato soprattutto per le esigenze dettate dal rinnovamento varietale. L'obiettivo di ridurre il periodo improduttivo viene perseguito sia attraverso la limitazione degli interventi cesori durante i primi anni di vita dell'impianto sia, successivamente, attraverso il ricorso a potature che potremmo definire di mantenimento. Queste, a grandi linee, sono esclusivamente finalizzate al contenimento delle dimensioni della chioma sia in altezza che in larghezza nelle parti medio alte, mentre la parte bassa della chioma viene oggi mantenuta sino al suolo. Tale schema generale risulta proponibile sia nel caso di piante allevate singolarmente che nel caso del siepone e determina la maggiore propensione verso l'utilizzo di varietà risanate per microinnesto rispetto a quelle di origine nucellare, più vigorose e tardive nella messa a frutto.

In definitiva le scelte da compiere al momento dell'impianto sono fortemente condizionate dallo sviluppo che la pianta raggiungerà a maturità in

funzione della combinazione d'innesto e, non esistendo per gli agrumi portinnesti nanizzanti (a parte il caso della varietà 'Flying dragon' di *Poncirus trifoliata*), le distanze di impianto sono principalmente dettate dalla vigoria che le diverse varietà esprimono a parità di portinnesto.

I più comuni schemi riscontrabili fanno riferimento a impianti con un numero di piante a ettaro variabile da 333, nel caso di cloni nucellari di arancio Tarocco (quali TDV e 57-1E-1) e di diversi cloni di limone Femminello, a 666 piante a ettaro come nel caso di alcune clementine o del cedro. Ovviamente tra questi due valori estremi si collocano numerose soluzioni intermedie (tra 400 e 500 piante a ettaro) realizzabili attraverso le diverse combinazioni nesto/portinnesto oggi disponibili.

Occorre inoltre ricordare come, in quegli areali ove le condizioni del suolo non pongono particolari vincoli con riferimento soprattutto alla concentrazione di calcare attivo (ad esempio Calabria, ristretti areali della piana di Catania), l'adozione di portinnesti nanizzanti quali il 'Flying dragon' consente l'impianto a sesti molto più stretti anche di varietà a elevata vigoria.

Sempre con riferimento alle problematiche dell'impianto non è di secondaria importanza far rilevare la progressiva perdita di importanza di quelle operazioni preliminari un tempo considerate indispensabili. Così operazioni quali il ciglionamento, o il ricorso al terrazzamento per i terreni a maggiore pendenza sono oggi adottate solo di rado, essendo peraltro via via sempre meno interessate alla coltura quelle aree declivi per lo sfruttamento delle quali tali operazioni erano indispensabili poiché, al pari di quanto accaduto per altre colture, la compressione dei ricavi ha reso sempre meno consigliabile il ricorso all'impianto in aree con vincoli orografici rilevanti. Si pone peraltro il problema dell'utilizzo alternativo di tali aree e della tutela del paesaggio che esprimono.

In parziale controtendenza rispetto a quanto sopra riportato si assiste negli ultimi anni a una maggiore diffusione di impianti su letti rialzati o baule. Questo tipo di sistemazione è particolarmente indicata per terreni limo-argillosi con elevato ristagno idrico, poco profondi e con falde freatiche superficiali; tali sistemazioni trovano inoltre la loro ragion d'essere nella opportunità di destinare alla coltivazione suoli poco idonei aumentando il franco di coltivazione o di contenere lo sviluppo dell'apparato radicale e dell'intera pianta. Tale tipo di sistemazione risulta inoltre di interesse per quei terreni ricchi di calcare nei quali i portinnesti tipo citrange potrebbero manifestare difficoltà di adattamento per la minore rusticità rispetto all'arancio amaro. La realizzazione di tali sistemazioni comporta un costo accessorio al momento dell'impianto ed è pertanto opportuno che il ricorso a esse e, soprattutto le



Fig. 6 *Disposizione a file singole (in alto) e doppie (in basso) su baule*

modalità di realizzazione, siano ancorate a considerazioni oggettive (spessore del terreno e dei suoi orizzonti, caratteristiche fisico-chimiche) e non improntate a empirismo o emulazione.

Nei terreni argillosi la coltivazione degli agrumi su letti rialzati potrebbe consentire un miglior drenaggio e isolamento dal piano di campagna, in funzione della permeabilità e della pendenza del terreno e potrebbe consentire un miglior sfruttamento agronomico di terreni a difficile lavorabilità; di contro

nei terreni sabbiosi molte delle motivazioni di cui sopra assumono importanza ridotta e potrebbero far propendere per altre soluzioni o interventi minimi. Esiste poi una casistica piuttosto ampia con riferimento a forme (arrotondata o trapezoidale) e dimensioni, ma è importante che la realizzazione dei letti rialzati venga fatta considerando lo sviluppo che l'apparato radicale avrà nel tempo in maniera da non mortificarlo o costringerlo all'accrescimento in zone non favorevoli. Analogamente, la larghezza dei corridoi deve essere calibrata sulla base delle dimensioni definitive delle piante ricordando che le parti basali dei letti devono consentire un agevole passaggio dei mezzi e fungere come aree di drenaggio delle acque piovane. Variabilità di scelta si riscontra pure con riferimento all'allocazione delle piante sulle baule, potendo la singola baula ospitare una o due file di piante (fig. 6).

5. LA GESTIONE DELL'AGRUMETO

La tipologia di impianto su letti rialzati, brevemente descritta, ovviamente non va sempre perseguita ma, ove considerata utile, essa viene resa possibile dall'adozione di protocolli di gestione del suolo alternativi, spesso mutuati dall'esperienza maturata per altre specie arboree; tra questi si richiamano il ricorso alla pacciamatura, soprattutto sulla fila e, soprattutto, la diversa gestione delle erbe infestanti con schemi che fanno riferimento a combinazioni e integrazioni spazio-temporali di inerbimento e diserbo, nonché il progressivo abbandono di schemi basati sulle lavorazioni periodiche del suolo. Nella norma il controllo della flora infestante sui letti viene effettuato con il taglio o con mezzi chimici, nel qual caso risulta consigliabile la protezione dei tronchi nei giovani impianti con opportune coperture. L'inerbimento nell'interfila, invece, viene solitamente gestito mediante falciatura o lavorazioni superficiali (fig. 7). Una conseguenza negativa della non lavorazione, accoppiata ai metodi d'irrigazione a microportata, è la possibile diffusione delle arvicole, con la necessità di realizzare strategie idonee di lotta. Grazie alla non lavorazione è fra l'altro possibile mantenere fuori terra altre infrastrutture permanenti (oltre le stesse baule) quali gli impianti d'irrigazione. Quest'ultimo aspetto fa ovviamente il paio con una contemporanea significativa evoluzione dei sistemi di irrigazione che ha visto venir meno l'esigenza di impegnative opere di scavo e complesse operazioni di sistemazione idraulica e del suolo. Sempre con riferimento all'apporto idrico si assiste al progressivo abbandono dei metodi semi-localizzati (o a media portata di erogazione), tra cui il tradizionale baffo, tipico di una agrumicoltura in fase di dismissione, a vantaggio di metodi di



Fig. 7 Operazioni di sfalcio sull'interfila di un agrumeto

irrigazione localizzati a microportata di erogazione (a goccia o subirrigazione). Tali sistemi consentono un notevole risparmio idrico, un facile impianto nel caso di utilizzo di ali gocciolanti fuori terra, e una migliore localizzazione degli apporti idrici e nutritivi nel caso di subirrigazione.

Tra le più importanti voci di costo della produzione per gli agrumi, spesso incompressibili, la potatura rappresenta quella rispetto alla quale tentativi di modernizzazione e adeguamento sono presenti già da diversi anni (Mennone, 2012). Difatti i protocolli di potatura basati su operazioni di *hedging* e *topping* sono conosciuti da diversi anni unitamente agli effetti da considerare sotto il profilo strettamente agronomico e, soprattutto, qualitativo. A oggi però la potatura agevolata, attraverso presidi pneumatici azionati dalla presa di forza di una trattrice, rappresenta ancora la pratica diffusa nella maggior parte delle imprese agrumicole con un impiego di manodopera agricola stimata in non meno di 20 giornate a ettaro su base annua. Il perdurante stato di contrazione dei ricavi e la necessità di abbattere i costi di produzione sta però facendo maturare la consapevolezza della necessità di introdurre attrezzature e macchine per la potatura meccanica di maggiore efficienza, oggi disponibili e che possono consentire una consistente riduzione dei tempi necessari



Fig. 8 *Potatrice a lame alterne impegnata in operazioni di topping (fotografia fornita da L. Caruso)*

per le operazioni e dei relativi costi (anche sino al 70%). Si assiste così a una progressiva diffusione di tecniche di potatura completamente meccanizzate, già utilizzate con successo in altre specie arboree, e che fanno riferimento all'utilizzo di potatrici a lame alterne portate anteriormente da trattrici a cingoli o da trattrice a ruote. Sulle potatrici insiste un telaio porta-lama con lame a doppio movimento alterno eventualmente azionato mediante pompa idraulica. Tali attrezzature consentono una gestione dell'*hedging* e del *topping* molto più accurata e meno traumatica rispetto al passato mentre rimangono ancora da definire tutti gli aspetti legati alla necessità della rifinitura manuale dell'intervento di potatura, alla periodicità degli interventi, anche tra *hedging* e *topping*, nonché alla gestione dei residui di potatura e alle eventuali implicazioni fitosanitarie (fig. 8).

L'adozione di tali tecniche, unitamente al ricorso a modelli di impianto quanto più intensivi possibile, è destinata a nostro avviso a implementarsi nel breve periodo per l'esigenza di aumentare i margini di ricavo che gli impianti agrumicoli possono assicurare agli imprenditori. Di contro non si ritiene che siano adottabili nelle nostre condizioni modelli di impianto superintensivi (fino

a circa 3.000 piante/ha) quali quelli di recente proposti in sperimentazione in altri Paesi per produzioni comunque destinate all'industria di trasformazione (Bordas et al., 2012). Tali modelli appaiono infatti ancora oggi ben lontani dal poter essere proposti come modelli sostenibili, almeno nelle nostre condizioni attuali e rimangono comunque lontani dalla traiettoria di sviluppo verso la quale l'agrumicoltura italiana deve essere proiettata, maggiormente indirizzata verso il frutto fresco e, per piccoli segmenti, verso prodotto fresco processato (succo fresco e, in parte, altre tipologie di prodotto di IV gamma).

6. CONCLUSIONI

L'agrumicoltura italiana attraversa una fase di profondo cambiamento rispetto alla quale l'avvento della Tristeza, con la conseguente necessità di rivedere le scelte agronomiche riguardanti i portinnesti, rappresenta solo un tassello, certamente importante ma non esaustivo per la comprensione dell'evoluzione in atto. È appena il caso di richiamare come ben altri potrebbero essere i patogeni a rischio di introduzione nel nostro Paese (tra questi il Huanglongbing o citrus greening) e rispetto ai quali non esisterebbero mezzi efficaci di contenimento, come di fatto invece avviene con riferimento alla Tristeza.

L'evoluzione in atto in agrumicoltura è difatti determinata anche e soprattutto dai cambiamenti in atto da un ventennio a questa parte, riguardanti anche altri settori del comparto ortofrutticolo, e che interessano le dinamiche di domanda e di offerta, la riduzione dei prezzi alla produzione, l'aumento dei costi del lavoro, dei mezzi tecnici, le politiche fiscali e previdenziali e, non ultimo, la revisione delle politiche di sostegno al reddito. A fronte di tale complessa situazione la reazione degli operatori non è uniforme sul territorio nazionale e comprende diversi atteggiamenti di adattamento e di reazione. Questi spaziano dall'abbandono più o meno marcato e repentino della coltura – con effetti negativi sull'intera filiera in termini di produzioni, livelli qualitativi, redditi e occupazione, nonché sul paesaggio e sul territorio – sino alla ricerca e alla introduzione dell'innovazione “a ogni costo” sia essa di natura tecnica, agronomica, di processo produttivo o altro. Entrambi tali tipi di reazione presentano limiti e contraddizioni soprattutto laddove le scelte che sottendono appaiono svincolate, indipendenti e autonome da un ragionamento che dovrebbe invece riguardare l'intera filiera. Riteniamo che l'adozione acritica di schemi e tecniche, anche agronomiche, diffusi in altri Paesi (magari per produzioni destinate all'industria, rispetto alle quali non possiamo essere competitivi), non possa in alcun modo rappresentare la via

di uscita rispetto all'attuale fase di stallo. Occorre piuttosto ripartire da quelli che è ancora oggi possibile individuare come punti di forza della nostra agrumicoltura e che la diversificano e contraddistinguono rispetto a quella di altri Paesi. Uno di questi è senz'altro rappresentato dallo straordinario patrimonio varietale che può garantire l'offerta di un prodotto, fresco o trasformato con *mild technologies*, lungo un arco temporale piuttosto ampio. Ciò vale ad esempio per l'arancio a polpa pigmentata con la variabilità espressa nell'ambito del Tarocco o per il settore dei mandarino e mandarino simili nell'ambito del quale non mancano varietà ottenute grazie a importanti contributi del miglioramento genetico italiano (Russo et al., 2013; Tribulato e La Rosa, 1993; 1994) e che consentono la disponibilità di prodotto fresco con un calendario di offerta ampio e articolato.

I sistemi produttivi della nuova agrumicoltura saranno vincolati, tranne che per il limone, all'utilizzo di nuovi portinnesti tolleranti la Tristeza, ma ciò deve avvenire attraverso una attività vivaistica maggiormente consapevole del proprio ruolo e che affronti tempestivamente e con decisione le problematiche di natura fitosanitaria diffondendo solo materiale che possa essere certificato; certamente i nuovi impianti potranno avvalersi di tecniche di gestione innovative, ormai patrimonio acquisito da parte degli operatori, con riferimento alla gestione del suolo e delle erbe infestanti, dell'irrigazione, della fertilizzazione e soprattutto della potatura. Attenzione particolare dovrà essere posta al raggiungimento, mantenimento e riconoscibilità sul mercato di adeguati standard qualitativi. Per quest'ultimo aspetto un ruolo decisivo dovrà essere giocato all'interno delle numerosissime aree interessate dai disciplinari di produzione a marchio DOP e IGP (tab. 3). Queste interessano rilevanti porzioni della superficie agrumetata del nostro Mezzogiorno, e riguardano, direttamente o in prospettiva, anche specie agrumicole che si contraddistinguono per livelli produttivi inferiori nel panorama nazionale, quali il cedro e il bergamotto, o lo stesso chinotto. È appena il caso di ricordare come la predilezione per le aree di produzione sopra richiamate nasce anche dal fatto che esse sono quelle che esprimono, o dovrebbero esprimere, la massima vocazionalità ambientale per le diverse specie e cultivar. In agrumicoltura, come in tutte le altre specie arboree da frutto, il rispetto della vocazionalità ambientale rappresenta uno dei prerequisiti per la realizzazione di impianti sostenibili e resilienti nei quali scelte agronomiche e tecniche possono contribuire all'ottenimento di produzioni di qualità.

La sfida dei prossimi anni sarà quella di provare a coniugare la qualità del prodotto con i vincoli dei costi di produzione. In questa fase di transizione la divulgazione e il trasferimento alle aziende di innovazioni agronomiche e di

DENOMINAZIONE	TIPOLOGIA RICONOSCIMENTO	REGIONE	ANNO DI RICONOSCIMENTO
Arancia del Gargano	IGP	Puglia	2007
Arancia di Ribera	DOP	Sicilia	2011
Arancia Rossa di Sicilia	IGP	Sicilia	1996
Bergamotto di Calabria	DOP	Calabria	2001
Clementine del golfo di Taranto	IGP	Puglia	2003
Clementine di Calabria	IGP	Calabria	1997
Limone Costa d'Amalfi	IGP	Campania	2001
Limone di Rocca Imperiale	IGP	Calabria	2012
Limone di Siracusa	IGP	Sicilia	2011
Limone di Sorrento	IGP	Campania	2000
Limone Femminello del Gargano	IGP	Puglia	2007
Limone Interdonato	IGP	Sicilia	2009

Tab. 3 *Elenco delle produzioni agrumicole italiana con riconoscimento del marchio*

protocolli di gestione proposti dalla ricerca è ancora più necessaria e l'auspicio è quello che le istanze di domanda di ricerca che provengono dal settore produttivo possano essere riscontrate; i programmi di sviluppo rurale della nuova programmazione (2014-2020) dovranno tenere conto di ciò e contribuire a sostenere gli operatori del settore per un autentico rilancio del comparto.

RIASSUNTO

L'agrumicoltura italiana vive una fase di rinnovamento e di riconsiderazione delle scelte tecniche e agronomiche che erano rimaste statiche per oltre un cinquantennio. Tale nuova fase è in parte determinata dai vincoli sopraggiunti con l'avvento della Tristeza e con la conseguente necessità di rivedere le scelte agronomiche riguardanti i portinnesti; l'evoluzione in atto è però anche determinata dai cambiamenti generali del comparto ortofrutticolo. A fronte di tale difficile situazione si registrano atteggiamenti di adattamento e di reazione diversi che spaziano dall'abbandono più o meno repentino della coltura sino alla ricerca e alla introduzione dell'innovazione "a ogni costo" di natura tecnica od agronomica. Nel presente lavoro vengono descritti i più recenti orientamenti in tema di gestione dell'agrumeto post-Tristeza, dalla scelta del portinnesto e di impianto alle innovazioni nelle tecniche colturali.

ABSTRACT

Italian citrus industry is going through a phase of reconsideration of its technical and agronomic choices that had remained static for over fifty years. This new phase is determined by the constraints occurred after the advent of Tristeza and the consequent need to revise the choices regarding rootstocks; but is also due to changes common to the whole

fruit and vegetable sector. Given this difficult situation, different adaptation and reaction strategies are registered ranging from abandonment of the crop up to searching and spreading of "novelties" including technical and agronomic ones. The present paper describes the most recent guidelines on the management of the citrus groves post-Tristeza, from rootstock choice and plantation to innovations in cultivation practices.

BIBLIOGRAFIA

- AA.VV. (2014): *La situazione in Italia*, in *Gestione della Tristeza degli agrumi ed altre malattie da quarantena*, Arti Grafiche Le Ciminiere, Catania, pp. 36-45.
- BERTUCCIO A., TOMASELLO M., FASSARI S., CATARA A. (2012): *Tecnologie a supporto della gestione del virus della tristeza degli agrumi (CTV) in "Zone d'insediamento"*, «Atti Giornate Fitopatologiche», 2.
- BORDAS M., TORRENTS J., ARENAS F.J., HERVALEJO A. (2012): *High density plantation system of the spanish citrus industry*, «Acta Hort.» (ISHS), 965, pp. 123-130.
- CARUSO A., RECUPERO S., RFORGIATO RECUPERO G., RUSSO G. (2009): *Le accessioni di agrumi registrate dal Centro di Ricerca per l'agrumicoltura e le colture mediterranee nel servizio nazionale di certificazione volontaria*, Tipografia A. & G. di Lucia Amara, Catania.
- CARUSO M., DISTEFANO G., PIETRO PAOLO D., LA MALFA S., RUSSO G., GENTILE A., RFORGIATO RECUPERO G. (2014): *High resolution melting analysis for early identification of citrus hybrids: A reliable tool to overcome the limitations of morphological markers and assist rootstock breeding*, «Scientia Horticulturae», 180, pp. 199-206.
- CATARA A., BARBAGALLO S., SAPONARI M. (2008): *Il caso "tristeza" degli agrumi*, Atti della Giornata di studio: "Globalizzazione e difesa delle colture", «I Georgofili. Quaderni», 2007-VI.
- CATARA A., TESSITORI M. (2006): *Problematiche fitosanitarie dell'agrumicoltura italiana dopo la diffusione del virus della tristeza*, «Italus Hortus», 1, pp. 49-60.
- FAOSTAT (2014).
- FORNER J.B., FORNER-GINER M.A., ALCAIDE A. (2003): *Forner-Alcaide 5 and Forner-Alcaide 13: Two New Citrus Rootstocks Released in Spain*, «Hortscience», 4, pp. 629-630.
- ISMEA (2014): *Agrumi - Report economico finanziario* in Volume II 2014 - settori agrumi, bovino da carne, cereali, fiori e fronde, olio d'oliva, Ipsoa - Gruppo Wolters Kluwer.
- ISMEA (2013): *Superfici investite ad agrumi in Italia. Un tentativo di chiarezza attraverso il confronto tra diverse fonti*. Catania, 11 luglio 2013.
- KUPPER, R.S., FEDERICI, C.T., ROOSE, M.L. (2010): *Citrus rootstock breeding and evaluation*, «Citrograph», 1 (6), pp. 30-36.
- LA ROSA G., CONTINELLA A. (2010): *Valutazione di cultivar tardive di arancio Navel in Sicilia*, «Rivista di Frutticoltura e di Ortofloricoltura», 1-2, pp. 64-66.
- MENNONE C. (2012): *Meccanizzare l'agrumeto riduce i costi, migliora la qualità*, «Informatore Agrario», 33, pp. 59-62.
- MENNONE C. (2013): *Agrumi: come scegliere la giusta potatura*, «Informatore Agrario», 1, pp. 51-54.
- REFORGIATO RECUPERO G., RUSSO G., RECUPERO S. (2009): *Horticultural Evaluation of New Citrus latipes Hybrids as Rootstocks for Citrus*, «Hortscience», 3, pp. 595-598.
- ROMÁN M.P., CAMBRA M., JUÁREZ J., MORENO P., DURAN-VILA N., TANAKA F.A.O., ALVES E., KITAJIMA E.W., YAMAMOTO P.T., BASSANEZI R.B., TEIXEIRA D.C., JESUS JU-

- NIOR W.C., AYRES A.J., GIMENES-FERNANDES N., RABENSTEIN F., GIROTTI L.F., BOVÉ J.M. (2004): *Sudden Death of Citrus in Brazil: A Graft-Transmissible Bud Union Disease*, «Plant Disease», 88, pp. 453-467.
- RUSO G., RECUPERO S., DI LEO A., PIETRO PAOLO D., REFORGIATO RECUPERO G. (2013): *Sweet Sicily ed Early Sicily, due nuovi mandarini triploidi*, «Rivista di Frutticoltura e di Ortofloricoltura», 1-2, pp. 56-59.
- SCUDERI A., STURIALE C. (2012): *Mercato italiano e internazionale in Agrumi*, a cura di E. Tribulato, P. Inglese, Bologna, pp. 526-535.
- TRIBULATO E., CONTINELLA G. (1998): *Aspetti tecnici e agronomici*, in Atti della Giornata di studio su: «Agrumicoltura italiana: problemi e prospettive», «I Georgofili. Quaderni», 1998-V, pp. 9, 208, 209.
- TRIBULATO E., LA ROSA G. (1993): «*Primosole*» e «*Simeto*»: *due nuovi ibridi di mandarino*, «Italus Hortus», 1, pp. 21-25.
- TRIBULATO E., LA ROSA G. (1994): *Larancio Tarocco ed i suoi cloni*, «Rivista di Frutticoltura e di Ortofloricoltura», 11, pp. 9-14.
- TRIBULATO E., LA ROSA G. (2000): «*Ippolito*»: *un nuovo clone di Tarocco*, «Rivista di Frutticoltura e di Ortofloricoltura», 1, pp. 34-35.
- TRIBULATO E., LA ROSA G., NICOLSI E. (2001): *Nuove accessioni di arancio Valencia Late*, «Rivista di Frutticoltura e di Ortofloricoltura», 2, pp. 29-32.

La sostenibilità ecologica delle coltivazioni arboree

INTRODUZIONE

Il termine sostenibilità è molto usato, spesso troppo. Solo digitando questa voce in associazione a “frutteto” (orchard) su “Web of Science” si recuperano alcune centinaia di articoli. Il termine si trova spesso associato a una tecnica o a un processo produttivo. Tra le definizioni della sostenibilità in agricoltura vale la pena ricordare quella della “American Society of Agronomy” (1989) che ne delinea le principali caratteristiche, ossia quella 1) di migliorare nel lungo periodo (per le generazioni future) la qualità dell’ambiente e l’uso delle risorse ambientali utilizzate in agricoltura, 2) di essere economicamente redditizia per l’agricoltore e 3) di migliorare la qualità della vita per l’agricoltore e per la Società nel suo complesso. Delle tre anime della sostenibilità, quella ecologica, quella economica e quella sociale, richiamate nella precedente definizione (vedi anche tabella 1), ci si concentrerà in questa nota solo sulla prima. Va tuttavia sottolineato come la sostenibilità debba essere considerata un concetto univoco e sarebbe sbagliato pensare che sia possibile diffondere accorgimenti tecnici che esaltino la sostenibilità ecologica ma che non siano anche sostenibili dal punto di vista economico e sociale. Altre volte, come nel caso degli aspetti legati alla difesa fitosanitaria, un impiego più razionale dei prodotti fitoiatrici potrà consentire di ridurre al contempo l’impatto sull’ambiente e di produrre frutta con bassi livelli di residui.

Diversi modelli di frutticoltura, alcuni regolati da appositi disciplinari, vengono considerati sostenibili: la frutticoltura biologica (e la sua variante “biodinamica”), quella integrata e, più recentemente, quella “di precisione”, che fa uso

* *Facoltà di Scienze e Tecnologie, Libera Università di Bolzano*

I sistemi frutticoli sono socialmente sostenibili se:

1. producono frutti che contribuiscono alla salute del consumatore;
2. contribuiscono al mantenimento delle comunità rurali;
3. contribuiscono alla creazione di un paesaggio rurale piacevole e
4. permettono agli operatori di mantenere un livello sociale dignitoso (auto-stima).

I sistemi frutticoli sono economicamente sostenibili

1. se i coltivatori ottengono un equo profitto dalla loro attività;
2. quando i consumatori pagano un prezzo equo per i prodotti che acquistano;
3. quando il reddito prodotto è distribuito con equità in base alla fatica svolta e ai rischi assunti.

Tab. 1 *Principali caratteristiche che dovrebbero connotare sistemi frutticoli sostenibili da un punto di vista economico e sociale*

di sistemi di monitoraggio delle necessità, di precisi strumenti di distribuzione dei mezzi della produzione e di sistemi di controllo dell'efficacia degli interventi. Numerosissime sono le singole misure che possono essere impiegate in frutticoltura per renderla maggiormente sostenibile da un punto di vista ecologico. Volendo riassumerle in categorie potremmo distinguerle in 1) quelle orientate a un uso razionale di quei mezzi di produzione che impiegano risorse limitate e/o non rinnovabili (es. H_2O , fitofarmaci, energia, fertilizzanti, ecc.); 2) quelle finalizzate a migliorare la qualità dell'ambiente dove avviene la coltivazione (es. fertilità suolo, biodiversità, ecc.) e 3) quelle mirate a minimizzare il trasferimento di sostanze usate nella produzione verso ambienti circostanti il campo coltivato (es. acque, atmosfera, appezzamenti vicini, strade, abitazioni, ecc.).

In questa nota ci si concentrerà sulla gestione agronomica del frutteto e su un uso efficiente delle risorse.

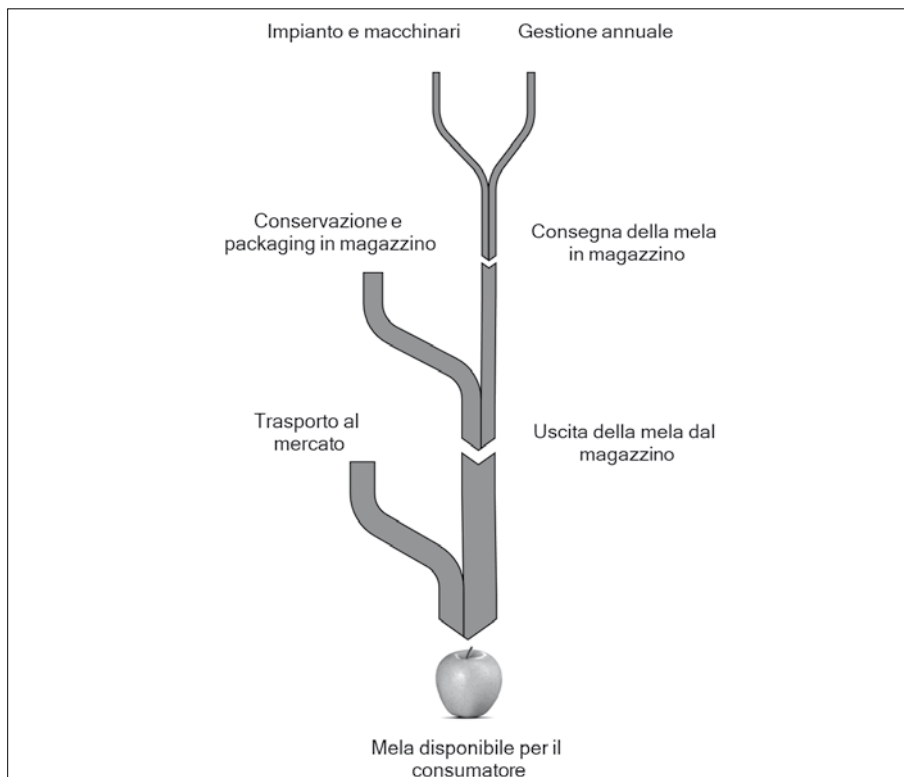
IMPIEGO DI ENERGIA E IMPRONTA CARBONICA

Dal momento che la fotosintesi permette la fissazione di quantità di anidride carbonica (CO_2) superiori a quelle rilasciate dalla respirazione, il sistema frutteto tende a sottrarre, almeno temporaneamente, una certa quantità di quantità di carbonio (C) atmosferico, che secondo alcuni studi può variare tra 4 e 13 t/ha in funzione della specie e dell'ambiente di coltivazione; una parte consistente di tale guadagno di carbonio (tanto più elevata quanto più è alto l'indice di raccolta) viene tuttavia persa nel momento in cui i frutti raccolti escono dal frutteto. Nonostante ciò, il frutteto riesce spesso ad accumulare carbonio nel corso del tempo, sia negli organi legnosi che nel suolo, anche grazie alla presenza di un inerbimento permanente (Zanotelli et al., 2015).

La situazione tuttavia si complica quando si considerano le tecniche di gestione colturale che utilizzano quasi sempre, in modo diretto (es. carburante per trattrici) o indiretto (es. nei vari processi di produzione dei mezzi di produzione), quantità variabili di energia di tipo fossile, che per essere prodotta rilascia CO_2 . Indicativamente, per ogni kg di gasolio convertito in energia si immettono nell'atmosfera 3 t di CO_2 . Questi quantitativi di CO_2 possono annullare il guadagno di C derivato dai processi biologici indicati sopra e contribuiscono alla cosiddetta "impronta carbonica" (*carbon footprint*) del prodotto. Quando nel ciclo produttivo della frutta vengono invece utilizzate fonti di energia rinnovabile, esse non incidono sull'impronta carbonica, in quanto la loro produzione non è associata a un rilascio netto di CO_2 (Zanotelli et al., 2014).

Il consumo energetico collegato alla gestione del frutteto e la relativa impronta carbonica variano da coltura a coltura, in funzione dell'intensità e del tipo di tecniche colturali impiegate e delle rese. Il confronto tra diversi sistemi può venire effettuato su base areica o, più comunemente, per unità di prodotto. In tal caso, a parità di impiego di energia fossile impiegata attraverso le tecniche colturali, l'impronta carbonica del prodotto diminuisce, come è facile immaginare, con l'aumentare delle rese produttive. A titolo di esempio, si può riportare la situazione della coltura del melo, in cui la fase di produzione in campo determina annualmente un consumo energetico che è variabile tra 20 e 50 GJ/ha, corrispondenti all'incirca a 0,4-0,7 MJ/kg di mele. Nel caso di impianti di melo altamente produttivi (rese annuali >60 t/ha) l'impronta carbonica si attesta intorno a 0,05 kg di CO_2 equivalente per ogni kg di prodotto (Sessa et al., 2014). Il ciclo produttivo in campo contribuisce solo parzialmente all'impronta carbonica complessiva della frutta, sulla quale incidono in misura importante le fasi di conservazione, lavorazione e trasporto ai mercati (schema 1).

L'impiego di energia fossile nel frutteto può venir ridotta adottando scelte che consentano una coltivazione con un più ridotto impiego di risorse: le misure impiegabili spaziano dalla scelta di varietà resistenti (ad esempio ad alcune fitopatie) e di portinnesti rustici e adatti all'ambiente, all'individuazione delle aree maggiormente vocate alla coltivazione. Per ogni situazione colturale e laddove possibile, si dovrebbero preferire tecniche di gestione alternative che prevedano, ad esempio, un minore consumo di energia durante il ciclo di vita dei mezzi tecnici impiegati (es. fertilizzanti, mezzi meccanici, ecc.). Il monitoraggio delle richieste da parte della coltura e della disponibilità ambientale può consentire inoltre di ridurre le quantità di mezzi tecnici necessari. Le misure elencate sopra e l'impiego di fonti energetiche alternative a quelle fossili anche nel frutteto, abbassano l'impronta carbonica della frutta, specie se non comportano significative riduzioni delle rese produttive.



Schema 1 *Impiego di energia (fossile) durante il ciclo produttivo della mela. La larghezza della linee indicate è proporzionale alla quantità di energia impiegata nelle diverse categorie durante la fase di produzione in campo, la conservazione (post-raccolta) e il trasporto (da Zanotelli et al., 2014). La simulazione è stata effettuata utilizzando dati sperimentali relativi all'Alto Adige e dati presenti in bibliografia*

CONSUMI IDRICI

A livello mondiale, l'agricoltura è l'attività antropica che maggiormente utilizza acque dolci (Aquastat, 2013). A differenza dell'energia fossile, l'acqua è una risorsa rinnovabile, che si muove nell'ecosistema da un comparto all'altro. L'acqua è comunque un bene non sostituibile e difficilmente trasportabile, e la frazione utilizzata dall'agricoltura è spesso sottratta ad altre attività umane. La disponibilità di acqua per le coltivazioni agrarie, tra cui quelle frutticole, è spesso limitata e ciò impone misure atte ad aumentarne l'efficienza d'uso, ossia la quantità di prodotto per unità di acqua persa dal sistema. Secondo l'Istat (2014) in Italia sono attualmente irrigati circa 190000 ha di colture da frutto, circa 109000 ha di agrumi, circa 130000 ha di oliveti e circa 170000 ha di vigneto. Negli ultimi 30 anni la

PRODOTTO	QUANTITÀ	CONSUMO IDRICO (LITRI)
Albicocca	1 kg	1300
Ananas	1 kg	250
Arancia	1 kg	560
Banana	1 kg	790
Mela	1 kg	822
Pera	1 kg	920
Pesca	1 kg	910
Uva da tavola	1 kg	2400
Succo arancia	1 l	1018
Vino	1l	869
Carne maiale	1 kg	5988
Carne manzo	1 kg	15400

Tab. 2 *Valori indicativi dei volumi idrici impiegati per produrre, conservare e trasportare fino al consumatore alcuni alimenti (Mekonnen e Hoekstra, 2011)*

superficie irrigata è aumentata in media di più dell'1 % ogni anno.

Analogamente a quanto sottolineato per l'impronta carbonica, i diversi prodotti agricoli, e quindi anche la frutta coltivata nei frutteti, posseggono un'"impronta idrica" che è pari alla quantità di acqua necessaria alla loro produzione (in campo o più in generale nel loro completo ciclo di vita); essa rappresenta l'acqua che essi "virtualmente" posseggono. Si riportano in tabella 2 alcuni esempi che riguardano alcuni tipi di frutta, a confronto con prodotti trasformati e derrate alimentari di tipo animale.

L'acqua evapo-traspirata dai diversi sistemi arborei da frutto e quella persa per lisciviazione o scorrimento superficiale può derivare direttamente da acqua piovana (o neve) che arriva al terreno coltivato e che viene assorbita direttamente dalle radici (una frazione definita "acqua verde" dalla FAO Mekonnen e Hoekstra, 2011), o da acqua presente in falde, canali o fiumi, laghi e ghiacciai (la cosiddetta, "acqua blu" secondo la classificazione precedente), a cui le colture hanno accesso grazie a risalita capillare e, più frequentemente, attraverso l'irrigazione. Se l'utilizzo dell'acqua verde è assai sostenibile in quanto si tratta di acqua che non potrebbe avere altri utilizzi e che, se il campo non fosse coltivato, tornerebbe comunque in atmosfera, la sostenibilità dell'acqua "blu" (irrigua) dipende dal fatto che essa derivi da acque superficiali o da falde che vengono ricaricate dalle precipitazioni (Antonelli e Greco, 2013). Quando per l'irrigazione si fa uso di falde profonde, che vengono ricaricate troppo lentamente e che per questo possono essere depauperate e compromesse nel tempo, si tratta chiaramente di una pratica non sostenibile che va a discapito delle generazioni future.

COLTURA	SCORRIMENTO	ASPERSIONE	MICROIRRIGAZIONE	ALTRI SISTEMI
agrumi	584 (12)	584 (55)	462 (29)	(4)
fruttiferi	403 (12)	286 (27)	301 (55)	(6)
olivo	404 (12)	325 (32)	270 (48)	(8)
vite	174 (9)	132 (26)	135 (60)	(5)

Tab. 3 *Volumi irrigui medi (mm/anno) impiegati mediante diversi sistemi di irrigazione in colture arboree da frutto in Italia (elaborazione su dati ISTAT 2014). Tra parentesi è indicata la % di diffusione del metodo irriguo sul totale della superficie irrigata*

Secondo l'Istat (2014) circa il 38% dell'acqua irrigua utilizzata in Italia in frutticoltura deriva da fonti sotterranee interne o nelle vicinanze dell'azienda, il 6% da acque superficiali interne o nelle vicinanze dell'azienda, l'8% da fiumi, laghi e corsi d'acqua e la rimanente parte da acquedotti e consorzi irrigui.

Ridurre gli apporti idrici e aumentarne l'efficienza senza intaccare le rese produttive rappresentano sfide importanti della frutticoltura di oggi e di domani. Tralasciando in questa sede gli interventi per ridurre le perdite idriche durante il percorso tra la sorgente idrica e il campo, si deve sottolineare che per ridurre il consumo dell'acqua irrigua nelle coltivazioni arboree e aumentarne l'efficienza d'uso occorre, da un lato, disporre di strumenti per il monitoraggio delle esigenze idriche e dello stato idrico dell'albero e, dall'altro, realizzare impianti irrigui che ne massimizzino le disponibilità per le colture. Si riportano in tabella 3 alcune elaborazioni realizzate in base a dati ISTAT sui volumi medi irrigui impiegati nelle colture arboree da frutto e sulla diffusione dei diversi sistemi irrigui. Relativamente ai consumi idrici, occorre inoltre considerare che è talvolta possibile ridurre le richieste dell'albero limitando la superficie fogliare traspirante (es. attraverso potature estive) o modificando il microclima (es. attraverso uso di reti ombreggianti). La ricerca ha già ampiamente evidenziato come, specie in alcune fasi fenologiche, una ridotta disponibilità idrica per l'albero non solo non è dannosa, ma può portare benefici in termini di qualità del prodotto. Molti passi avanti sono stati effettuati per identificare il livello critico di disponibilità idrica o i valori di potenziale idrico del suolo che non si devono superare nelle principali fasi fenologiche. La recente disponibilità di tecnologie basate su sensori applicabili sia al suolo che all'albero (Fernandez, 2014) apre interessanti prospettive per l'individuazione del momento in cui l'albero entra in una fase di stress idrico per determinarne l'intensità ed eventualmente pianificare con maggior razionalità l'intervento irriguo.

Come per le colture erbacee (Feres, 2004) è auspicabile che il miglioramento genetico metta presto a disposizione anche nelle colture arboree da

frutto, genotipi con una maggiore efficienza d'uso dell'acqua. Nel frattempo, in alcune aree e per alcune colture, si dovrebbe riconsiderare l'utilizzo di portinnesti dotati di apparati radicali in grado di esplorare meglio gli strati più profondi del terreno e di beneficiare, pertanto, di fonti idriche "naturalmente" disponibili.

GESTIONE SOSTENIBILE DELLA NUTRIZIONE MINERALE

Il ciclo dei nutrienti negli impianti arborei si compone di flussi in entrata (attraverso fertilizzanti, ammendanti, deposizioni atmosferiche e acque di irrigazione) e in uscita (nutrienti esportati attraverso i frutti e persi per lisciviazione e volatilizzazione) e di spostamenti di nutrienti interni al sistema suolo-albero (es. attraverso assorbimento radicale, ritorno di biomassa fogliare e legnosa al suolo e la sua decomposizione). Una gestione sostenibile della nutrizione minerale dovrebbe mirare 1) a incrementare la frazione di nutrienti legata alla sostanza organica che risiede nel sistema; 2) a ridurre le perdite di nutrienti verso l'atmosfera e le falde e 3) a minimizzare gli apporti di fertilizzanti, specie quelli di sintesi. Quest'ultimo obiettivo è realizzabile attraverso un miglioramento dell'efficienza d'uso dei fertilizzanti stessi, a sua volta perseguibile migliorando le tecniche di applicazione dei fertilizzanti, il tipo di fertilizzante impiegato e le epoche di applicazione, che dovrebbero tenere conto delle esigenze dell'albero e della disponibilità nel suolo di altre fonti di nutrienti. Un più efficiente utilizzo di fertilizzanti comporta generalmente una riduzione delle loro perdite nell'ambiente.

L'assorbimento di nutrienti avviene quasi esclusivamente tramite il sistema radicale, secondo dinamiche che dipendono dalla loro disponibilità nel suolo, dalla presenza di radici assorbenti e dalle caratteristiche di crescita vegetativa e riproduttiva dell'albero. La ripartizione degli elementi all'interno dell'albero ne influenza il loro destino: una parte ritorna al suolo (foglie ascisse, radici morte, legno di potatura), una seconda frazione esce dal sistema (con frutti e a volte tramite il legno di potatura) e una terza viene immobilizzata nelle strutture permanenti che aumentano di dimensione (radici permanenti, tronco, branche). L'applicazione del bilancio nutrizionale dovrebbe prevedere la restituzione di una quota di nutrienti pari a quelli immobilizzati e a quelli che annualmente escono dal sistema attraverso i frutti. Quest'approccio dovrebbe essere accompagnato da un monitoraggio periodico della disponibilità dei nutrienti nel suolo e/o nell'albero (Tagliavini et al., 2012), in quanto il suolo potrebbe essere già sufficientemente dotato di un certo elemento e ulteriori apporti non sempre sono necessari.



Fig. 1 *Specie graminacee e leguminose seminate nell'interfila di un vigneto per aumentare la sostanza organica del suolo e la dotazione di azoto grazie alla fissazione atmosferica delle leguminose in associazione con batteri rizobi*

Per migliorare la fertilità del suolo e ridurre la necessità di fertilizzanti occorre avvantaggiarsi, qualora le caratteristiche del sito lo consentono, della presenza di specie erbacee presenti localizzate nell'interfila o presenti sull'intera superficie del suolo. Le leguminose permettono, grazie alla simbiosi con i batteri rizobi, la fissazione di discrete quantità di azoto atmosferico e la tecnica che ne valorizza l'impiego in pieno campo rappresenta uno degli strumenti maggiormente sostenibili da un punto di vista ecologico per aumentarne la disponibilità nel sistema (fig. 1). Anche essenze del prato non azotofissatrici svolgono un ruolo importante da un punto di vista ecologico in quanto, specie in autunno-inverno, assorbono i nutrienti ancora disponibili in forma solubile nel suolo incorporandoli nella propria biomassa e sottraendoli quindi a un possibile dilavamento; esse inoltre aumentano in genere il contenuto di sostanza organica del suolo. Sebbene sia dimostrato il ruolo positivo delle simbiosi tra micorrize e radici degli alberi, si ritiene esistano grandi spazi per ottimizzare in futuro i vantaggi anche di questo tipo di simbiosi.

CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

Le conoscenze e le soluzioni tecnologiche per un uso efficiente delle risorse impiegate nel ciclo produttivo sono in gran parte già disponibili. Esse spaziano dal monitoraggio, anche in continuo, della loro disponibilità nel sistema, all'automazione della loro distribuzione. L'approccio deve essere poi integrato e mirato a valorizzare gli aspetti genetici al pari di quelli colturali. In molti casi sarebbe auspicabile migliorare il trasferimento tecnologico e un maggior contatto tra chi produce l'innovazione e chi la deve trasferire in campagna. Non esistono tuttavia soluzioni universalmente valide; per ogni situazione colturale andrebbero prima identificati con precisione quegli aspetti della sostenibilità ambientale che devono essere migliorati. Serve poi una chiara analisi delle alternative a disposizione, ognuna spesso caratterizzata da pro e contro, anche legati ad aspetti economici. Infine, un uso efficiente delle risorse non dovrà avvenire a scapito delle rese: è questa la sfida del futuro, riassunta nel termine, ora molto attuale, di "Intensificazione sostenibile".

RIASSUNTO

Il testo analizza l'efficienza d'uso di risorse limitate e/o non rinnovabili utilizzate nel ciclo produttivo delle coltivazioni arboree, quali le fonti energetiche, acqua e fertilizzanti, il cui impiego razionale permette un miglioramento dell'ambiente di coltivazione e una riduzione del trasferimento di sostanze usate nella produzione verso ambienti circostanti il campo coltivato, quali acque, atmosfera, ecc. Gli indicatori di impronta carbonica e impronta idrica di un prodotto frutticolo vengono discussi nel contesto della sostenibilità. Esempi di tecniche colturali maggiormente attente agli aspetti ambientali vengono descritti per i diversi sistemi colturali, pur considerando che non esistono soluzioni universalmente valide e che, per ogni situazione colturale, le diverse alternative devono essere valutate anche sotto il profilo della sostenibilità economica e sociale.

ABSTRACT

Ecologically-sustainable orchard systems. The paper addresses issues related with an efficient use of limited resources in orchards during the production cycle. They include water, energy and fertilizers, whose rational use allows a reduction of carbon or water footprints of fruit commodities or a reduction of nutrient-related pollution of water tables and atmosphere. Examples of environmentally-friendly techniques used as alternative to more conventional ones are reported. Reconciling ecological and economic/social aspects of sustainability is considered a pre-requisite for a successful spread of novel management techniques.

BIBLIOGRAFIA

- AMERICAN SOCIETY OF AGRONOMY (1989): *Decision reached on sustainable agriculture*, «Agronomy News», 15, Madison, Wisconsin.
- ANTONELLI M., GRECO F. (2013): *L'acqua che mangiamo*, Edizioni Ambiente, Milano, http://www.geopod.it/wp-content/geoQuinta_R/acqua/Acqua-che-mangiamo.pdf (ultimo accesso 27/05/15).
- AQUASTAT (2013): FAO's global water information system. <http://www.fao.org/nr/water/aquastat/main/index.stm> (ultimo accesso 27/05/15).
- FERERES E. (2004): *Water-limited agriculture*, «European Journal of Agronomy», 21 (4), pp. 399-400.
- FERNANDEZ E. (2014): *Plant-based sensing to monitor water stress: applicability to commercial orchards*, «Agricultural Water Management», 149, pp. 99-109.
- ISTAT (2014): *Utilizzo della risorsa idrica in agricoltura*, Sesto censimento generale dell'Agricoltura, http://www.istat.it/it/files/2014/11/Utilizzo_risorsa_idrica.pdf (ultimo accesso 27/05/15).
- MEKONNEN M.M., HOEKSTRA A.Y. (2011): *The green, blue and grey water footprint of crops and derived crop products*, «Hydrology and Earth System Sciences», 15, pp. 1577-1600.
- SESSA F., MARINO M., MONTANARO G., DAL PIAZ A., ZANOTELLI D., MAZZETTO F., TAGLIAVINI M. (2014): *Life cycle assessment of apple at Country level: the case of Italy*, Proceedings of the 9th LCA Conference on Food, San Francisco, 8-10 October 2014, pp. 1242-1247.
- TAGLIAVINI M., FAILLA O., XILOYANNIS C. (2012): *La fertilizzazione nell'arboreto*, in *Arboricoltura generale*, a cura di Sansavini et al., Patron Editore, Bologna, pp. 425-443.
- ZANOTELLI D., MONTAGNANI L., MANCA G., SCANDOLLARI F., TAGLIAVINI M. (2015): *Net ecosystem carbon balance of an apple orchard*, «European Journal of Agronomy», 63, pp. 97-104.
- ZANOTELLI D., MAZZETTO F., TAGLIAVINI M. (2014): *Impronta carbonica e consumi di energia primaria nelle filiere di produzione della frutta*, «Italus Hortus», 21 (1), pp. 49-60.

RITA BIASI*

La sostenibilità del paesaggio nella progettazione e gestione dei moderni sistemi viticoli e arborei

INTRODUZIONE

Anche nel settore dell'agricoltura l'obiettivo della sostenibilità è parte integrante delle nuove strategie di sviluppo e di innovazione e la qualità del paesaggio agrario, che dell'agricoltura ne è espressione, è indicata come attributo imprescindibile per una sostenibilità globale delle produzioni agricole. L'agricoltura è un settore strategico per la sfida di una crescita sostenibile dell'Europa (COM, 2010; Lefebvre et al., 2014). Paesaggio e agricoltura costituiscono un binomio il cui legame è andato rapidamente rafforzandosi e arricchendosi di significati in questi ultimi anni e, considerando le fasi più recenti della storia ambientale italiana caratterizzate da eventi sempre più estremi, il definire strategie e azioni per la qualità del paesaggio agrario è oggi ritenuto un fattore cruciale per la salvaguardia del territorio contro il degrado del patrimonio paesaggistico nazionale.

L'Italia, assieme alla maggior parte dei paesi europei, possiede una grande varietà di paesaggi agrari. Il 45% del territorio europeo è occupato da aree agricole (EUROSTAT, 2013) e in Italia queste occupano il 57,4% del territorio nazionale (ISTAT, 2011). Lo spazio in cui viviamo è soprattutto spazio produttivo in ragione non solo della rappresentatività dei suoli agricoli, ma anche del rafforzamento della loro presenza in ambiti diversi dallo spazio rurale come lo spazio peri-urbano e la città, dove le aree destinate alle coltivazioni non rappresentano certo nuove forme di uso del suolo, ma sicuramente spazi sempre più interconnessi con il tessuto urbano e dai crescenti significati (fig. 1).

* *Dipartimento per l'Innovazione nei sistemi Biologici, Agroalimentari e Forestali, Università della Tuscia, Viterbo*

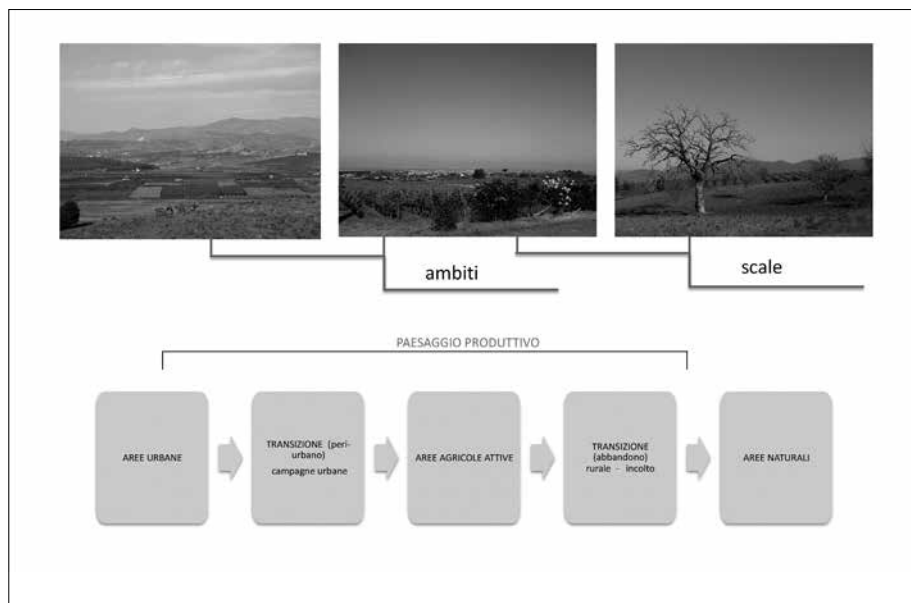


Fig. 1 *Ampliamento degli ambiti di presenza del paesaggio agrario e scale vasta e di dettaglio a cui il paesaggio si manifesta e si percepisce (foto dell'autore)*

Il paesaggio è risorsa ambientale, elemento fondante dell'identità nazionale e bene comune. Lo è implicitamente affermato nell'art. 9 della Costituzione, è stato ribadito nella complessa legislazione sull'argomento e soprattutto nei documenti più recenti, dal Codice dei beni culturali e del paesaggio (2004) alla Convenzione Europea del Paesaggio (CEP, Firenze 2000) (Priore, 2006), promossa dal Consiglio d'Europa. Quest'ultimo condiviso documento internazionale sul paesaggio, introducendo la definizione di paesaggio come «... quella parte del territorio così come è percepita dalle popolazioni locali», di fatto riconosce la natura di ordinarietà del paesaggio oltre che di straordinarietà, qualunque ne sia l'ambito, da quello naturale a quello urbano, rurale o peri-urbano. Il paesaggio agrario è parte del patrimonio paesaggistico italiano. In questa prospettiva il paesaggio agrario, e in primo luogo quello disegnato dai sistemi arborei, viene ad assumere una posizione di centralità nel definire il paesaggio percepito soprattutto in un territorio come quello italiano dove 12,9 milioni di ettari di oliveti, vigneti e frutteti (ISTAT, 2011) assieme alla miriade di aree naturali di straordinario valore ambientale e paesaggistico e al patrimonio urbano concorrono a creare l'immagine di un Paese il cui paesaggio è stato alla base dei precedenti storici del turismo, come il fenomeno dei viaggiatori del Gran Tour ha testimoniato attraverso innumerevoli scritti e memorie.

Il cambiamento culturale più evidente in quest'ultimo decennio è consistito nell'affermazione di un concetto nuovo di paesaggio agrario che attribuisce a questo sistema una sfera di relazioni riferibili non più solo all'ambito privato del singolo agricoltore, bensì anche a quello pubblico. Infatti, sempre più frequentemente il paesaggio dell'agricoltura è riconosciuto quale elemento strategico per la sfida della sostenibilità ambientale, spazio dispensatore di servizi, oltre che nuovo fattore di produzione e di competitività per le aziende.

L'agricoltore è stato per molto tempo un inconsapevole architetto del paesaggio, nonostante Emilio Sereni (1961) avesse definito il paesaggio agrario come «...quella forma che l'uomo, nel corso e ai fini delle sue attività produttive agricole, coscientemente e sistematicamente imprime al paesaggio naturale...». I sistemi d'impianto e di gestione delle varie colture legnose disegnano quelle architetture vegetali del paesaggio che, oggi come in passato, si riconoscono nelle sistemazioni idraulico-agrarie, nelle forme di allevamento, nei sesti e nella disposizione dei filari, nella combinazione di specie e genotipi e che finiscono con il costruire un sistema di relazioni tendente a un'immagine unitaria e a una identità di luogo riconoscibile dal contesto. La peculiarità del paesaggio viene sempre più spesso riconosciuta come elemento di distinzione delle produzioni, di riconoscimento di definiti processi produttivi, di legame con il territorio e le sue componenti fisiche, socio-economiche, storiche e culturali. La sua valorizzazione viene indicata come una strategia che può divenire fulcro di competitività delle aziende che nel paesaggio delle proprie produzioni riconoscono un elemento di distinzione, non riproducibile e pertanto di affermazione sul mercato.

Un ulteriore elemento di novità nel dibattito culturale sul paesaggio agrario è l'estensione del concetto di valore al paesaggio agrario ordinario, alla buona agricoltura in sé, in quanto generatrice di paesaggio e funzioni ambientali. Del vasto e multiforme paesaggio coltivato italiano, per poche realtà è stato riconosciuto il carattere di straordinarietà, autenticità e integrità e pertanto consentita l'iscrizione nella Lista del Patrimonio Mondiale Unesco. Si tratta di paesaggi culturali connotati dalla presenza dei sistemi arborei: dal paesaggio vitivinicolo delle Langhe, al sistema paesaggistico della costiera Amalfitana con gli agrumeti terrazzati, i castagneti e le aree a pascolo e gli abitati, il paesaggio viticolo delle Cinque terre e quello agrario della Val d'Orcia. Un altro ridotto numero di paesaggi agrari è stato incluso nel Catalogo nazionale dei paesaggi rurali storici (Agnoletti, 2010) – sono 123 in tutta Italia anche se la recente iniziativa ministeriale di istituzione di un Osservatorio nazionale del paesaggio rurale, delle pratiche agricole e conoscenze tradizionali (DM 17070, 19 nov. 2014) consentirà a tale elenco di allungarsi – e molti di

questi sono paesaggi dell'arboricoltura (per lo più oliveti, vigneti, ma anche castagneti da frutto, agrumeti, sistemi colturali promiscui, per lo più di aree marginali e sottoposte a vincoli) o paesaggi agroforestali complessi, unici, resilienti e fortemente percepiti.

Molto più numerosi e diffusi, di contro, sono i paesaggi agrari ordinari, insieme di paesaggi produttivi più o meno dinamici nelle forme, negli assetti, ora espressione di un buon governo del territorio, ora di criticità e inadeguatezza. Le colture legnose agrarie rappresentano l'11% delle classi d'uso del suolo a livello nazionale, il 18,5% (2,4 milioni di ettari) della SAU e sono le colture più diffuse essendo presenti nel 73% delle aziende agricole (ISTAT, 2011). Molti sistemi arborei rispecchiano un paesaggio produttivo moderno, che identifica una tipologia di agroecosistema dove gli spazi coltivati si estendono su ampie superfici, semplificato nella sua struttura, omogeneo, con prevalenti funzioni produttive, mantenuto in equilibrio a prezzo di numerosi input esterni al sistema (Edwardsen et al., 2010). I più sono paesaggi ad alto contenuto scientifico e tecnologico, frutto della ricerca e dell'attività di miglioramento genetico che hanno consentito l'aumento della produttività dei terreni e della qualità dei prodotti, affermatasi a partire dagli anni settanta/ottanta del secolo scorso nelle aree a più elevata vocazione. Tuttavia, la frutticoltura, olivicoltura e viticoltura intensiva e super-intensiva, così come si configurano oggi, possono considerarsi modelli produttivi superati se li si valuta per le funzioni ecologico-ambientali e paesaggistiche. Il concetto di paesaggio moderno può considerarsi, infatti, un concetto in evoluzione se al termine "moderno" si attribuisce il significato di contemporaneità, avanguardia, innovazione (Biasi, 2015). La nuova modernità del paesaggio produttivo va ricercata in altre funzioni che possono scaturire da un nuovo approccio nella gestione degli spazi produttivi e non produttivi, che possa generare oltre che benefici per i singoli e le imprese, anche beni pubblici quali la qualità dell'ambiente rurale e del territorio, come recepito in molte altre realtà agricole europee (Dale et al., 2013; Nieto-Romero et al., 2014; Van Zanten et al., 2014).

LE FORZE DI TRASFORMAZIONE DEL PAESAGGIO DEI SISTEMI ARBOREI E L'OBIETTIVO DELLA RESILIENZA

La qualità paesaggistica si esprime anche attraverso il carattere di resilienza¹. Riferito al paesaggio, questo termine definisce un sistema in grado di evolver-

¹ Resilienza è la capacità di un sistema ecologico di assorbire disturbi e riorganizzarsi, pur subendo delle modifiche, e di tornare alle funzioni, strutture, identità e meccanismi di autore-

si sotto l'azione di pressioni interne ed esterne senza subire effetti negativi, di fatto configurandosi ogni volta in un nuovo equilibrio omeostatico (Holling, 1973). Resiliente è un sistema caratterizzato da complessità, diversità, multifunzionalità, connessione e integrità, tali da renderlo in grado di affrontare e adattarsi ai cambiamenti, mantenendo i suoi valori intrinseci peculiari, un paesaggio dalla ridotta vulnerabilità ai cambiamenti climatici e alle modificazioni del territorio, alle pressioni indotte dai cambiamenti sociali e culturali, o dalle trasformazioni ambientali (ecologiche e fisiche in generale). Questa proprietà è ben espressa ad esempio nei paesaggi culturali Unesco, che nella continua evoluzione secondo processi adattativi, co-evolutivi, di gestione che coinvolgono amministratori, cittadini e agricoltori, preservano la loro struttura, identità, funzionalità e valore (Dezio et al., 2014).

Insita nei sistemi dell'agricoltura tradizionale (Barbera et al., 2014), la resilienza è ovviamente estranea ai sistemi di agricoltura intensiva, quelli da cui provengono i maggiori volumi di produzioni frutticole e viticole, per i loro stessi caratteri costitutivi. I sistemi colturali intensivi che predominano nelle aree a maggior vocazione frutticola presentano un'intrinseca fragilità dovuta alla semplificazione dell'agrobiodiversità e al basso contenuto di capitale naturale (Kumaraswamy e Kunte, 2013). L'ecologia del paesaggio insegna che la resilienza, l'equilibrio sono propri di un agro-ecosistema che presenta precisi caratteri strutturali: è complesso, eterogeneo, ad alto contenuto di capitale naturale, connesso con gli ecosistemi limitrofi attraverso corridoi lineari, *core areas*, *stepping stones* (Farina, 2006). L'equilibrio sta nella biodiversità e nelle complesse interazioni fra componenti abiotiche e biotiche intra e interspecifiche. Un paesaggio sarà tanto più stabile quanto più complessi saranno i processi e i flussi.

Il carattere di vulnerabilità dei cosiddetti paesaggi moderni è sicuramente conosciuto nei suoi aspetti qualitativi ma è anche quantificabile mediante la metrica del paesaggio, metodologia che misura la sua conformazione, struttura e diversità avendo come unità di elaborazione le singole tessere del mosaico ambientale (Edvardsen et al., 2010; Zerbe, 2012). L'intensificazione colturale ha portato a un ecomosaico semplificato a causa della creazione di tessere sempre più ampie dello stesso uso del suolo, uniforme, vulnerabile, producendo frammentazione e perdita di diversità ambientale e biologica (Bennet et al., 2006; Biasi e Botti, 2011; Concepción et al., 2008). In tutta Europa

golazione precedenti. Nei sistemi socio-ecologici quali il paesaggio la resilienza è costituita da tre aspetti principali: persistenza, adattamento, flessibilità (Fonte: *Glossario dinamico per l'ambiente e il paesaggio ISPRA*, 2012).

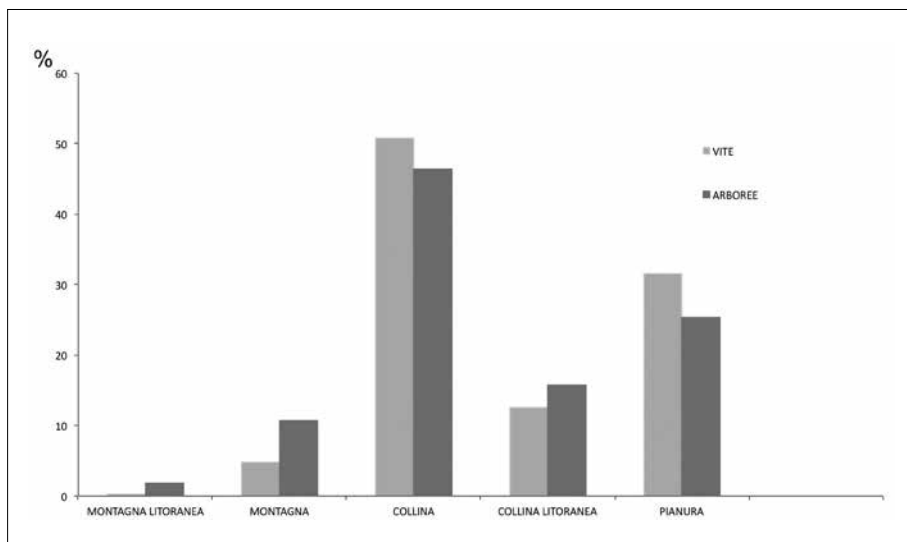


Fig. 2 *Attuale geografia delle colture arboree e dei sistemi viticoli in Italia (Fonte, ISTAT 2011)*

sono stati stravolti in sessant'anni gli usi del suolo, scomparsi alcuni sistemi colturali (come la coltura promiscua), rimodellata la distribuzione spaziale delle coltivazioni.

Indipendentemente dal modello produttivo (sistemi produttivi moderni *vs.* sistemi tradizionali) spesso la fragilità dei paesaggi delle colture arboree è riconducibile alla loro distribuzione geografica prevalente in territori quali la montagna e le aree acclivi collinari (fig. 2), ambiti altamente vulnerabili nell'ambiente Mediterraneo a causa della azione di fattori di rischio complessi quali il consumo di suolo, l'erosione fisica, la desertificazione (Salvati e Zitti, 2005).

Il paesaggio agrario è in continua evoluzione: lentamente, nelle aree di agricoltura tradizionale (Antrop, 2005), molto più dinamicamente nelle aree di agricoltura industriale o, all'opposto, di agricoltura marginale dove la trasformazione si identifica col degrado dell'agroecosistema, l'abbandono, il cambiamento d'uso agricolo a favore del bosco, la cementificazione (MacDonald et al., 2000). I fattori di trasformazione sono vari, complessi e interconnessi. Il consumo di suolo, la trasformazione del suolo da una copertura non artificiale a una artificiale, è oggi un'emergenza ambientale e una delle cause principali della trasformazione del paesaggio produttivo (ISPRA, 2014). Nel catasto agrario del 1929 si rilevavano 21,8 milioni di

ettari di SAU; per quanto le rilevazioni statistiche indichino un rallentamento nell'erosione della SAU in quest'ultimo decennio, nel 2010 la superficie agricola rilevata era di soli 12,8 milioni di ettari. L'impatto del consumo di suolo sul paesaggio dei sistemi arborei è considerevole essendo questo fenomeno attivo in tutti gli ambiti di presenza delle colture legnose agrarie (fig. 2); la geografia del consumo di suolo indica infatti che esso è sicuramente particolarmente intenso nelle aree urbane e peri-urbane, ma che per il 10% interessa anche le aree rurali; che interessa la pianura (10-12%), ma che non risparmia la collina (6-6%) e la montagna interna o litoranea (2-3%). Il 10% del suolo consumato ha interessato aree prima occupate da vigneti, oliveti, frutteti, mentre il 28% dello *sprawl* urbano in Italia ha interessato le aree agricole abbandonate (ISPRA, 2014; ISTAT e CNEL, 2014), a dimostrazione del ruolo che l'agricoltura attiva può svolgere come presidio del territorio contro la desertificazione.

Fra le cause di vulnerabilità del paesaggio produttivo vi sono anche i fenomeni di dissesto idrogeologico sicuramente prevedibili in un territorio, l'Italia, fra i più franosi d'Europa (ISPRA, 2013), ma accentuati spesso dalla stessa gestione agronomica degli impianti. Così per varie concause si sono persi negli ultimi 30 anni il 27,4% delle colture legnose agrarie in pianura (presumibilmente a causa delle trasformazioni con colture industriali o del consumo di suolo), il 30% di quelle in collina e il 42% di quelle in montagna (ISTAT, 2011). Con queste superfici sono scomparsi la biodiversità autoctona, i relativi paesaggi e le correlate funzioni e i prodotti tipici e tradizionali. La conoscenza degli ambiti territoriali in cui è maggiore la vulnerabilità ambientale è una prima strategia per individuare quelle aree sensibili in cui possono essere indirizzati gli sforzi per raggiungere l'obiettivo della resilienza. Infatti, il carattere di resilienza rappresenta oggi l'obiettivo della progettazione dei nuovi paesaggi agrari, in ragione del fatto che resilienza, equilibrio delle parti, capacità adattativa alle trasformazioni del territorio, ai cambiamenti climatici, sono condizioni attraverso le quali si realizzano gestioni a bassa richiesta di interventi esterni all'azienda, ad alto contenuto di sostenibilità ambientale e pertanto anche a maggiore sostenibilità economica.

IL PROGETTO DI PAESAGGIO COME PARTE INTEGRANTE DELLA GESTIONE AZIENDALE

La “modernità” rappresenta quell'insieme di cambiamenti sociali, culturali, tecnici, economici che hanno investito i diversi settori della società e che han-

no consentito il superamento della tradizione. In agricoltura questo ha portato nel secolo scorso all'affermazione dei sistemi arborei intensivi, specializzati, altamente produttivi. Oggi i caratteri a cui si ispirano imprenditori agricoli che nel paesaggio delle loro aziende o del proprio territorio riconoscono una risorsa per innovare, differenziare i propri prodotti accrescono la competitività, sono quelli del paesaggio ad alto contenuto di innovazione tecnologica ma anche di funzioni ecologico-ambientali, espressione di modelli produttivi *environmental friendly*, nel senso della sostenibilità dei processi produttivi, e socialmente apprezzati. La definizione di agricoltura sostenibile è articolata e include diverse proprietà; fra queste la fornitura di servizi ecosistemici quali la conservazione della biodiversità, lo stoccaggio del carbonio, la mitigazione dei cambiamenti climatici e l'adattamento a essi, il mantenimento della qualità paesaggistica. Il legame fra servizi ecosistemi e paesaggio è un legame intrinseco e indissolubile perché questi si fondano sul rapporto relativo degli elementi costitutivi del paesaggio agrario – il paesaggio produttivo è un insieme integrato di spazi, strutture e funzioni – e derivano dalla loro gestione.

Da tempo l'importanza della relazione prodotto-ambiente-paesaggio è ben riconosciuta nel comparto viti-vinicolo dove il *terroir*², inteso come ambiente fisico della produzione, ma anche contesto socio-economico e culturale, è elemento di distinzione di prodotti e processi produttivi, fattore di competizione per le aziende vitivinicole ed elemento di innovazione per un processo di filiera non solo sostenibile dal punto di vista ecologico grazie alla salvaguardia e valorizzazione delle risorse ambientali, ma anche strategico per l'effettiva riconoscibilità di un prodotto, il vino, i cui caratteri chimico-fisici possono essere unici, irriproducibili al di fuori dello specifico ambiente in cui sono maturate le uve da cui derivano.

A breve è prevedibile una forte richiesta di progettazione di nuovi impianti arborei sia per l'espansione delle aree destinate all'agricoltura – in Italia, al Sud e in pianura la SAU registra addirittura un aumento (ISTAT, 2011) – ma soprattutto per la necessità di rinnovare sistemi frutticoli e viticoli obsoleti sotto il profilo impiantistico. Innovazione e competitività sono due requisiti oggi imprescindibili per la sopravvivenza dell'agricoltura, per contrastare quell'abbandono che porta alla perdita di paesaggio, di agrobiodiversità, di suolo. Includere il progetto di paesaggio nella progettazione o razionalizza-

² Il "terroir" vitivinicolo è un concetto che si riferisce a uno spazio nel quale si sviluppa una cultura collettiva delle interazioni tra un ambiente fisico e biologico identificabile e le pratiche vitivinicole che vi sono applicate, che conferiscono caratteristiche distinte ai prodotti originari di questo spazio. Il "terroir" include caratteristiche specifiche del suolo, della topografia, del clima, del paesaggio e della biodiversità (Fonte: OIV/VITI 333/2010).

zione degli spazi aziendali con l'obiettivo di una ricomposizione di aree produttive e non produttive all'interno dell'agro-ecosistema, può rappresentare una innovazione su cui basare la competitività stessa dell'azienda in quanto il paesaggio può essere fattore di distinzione, riconoscibilità, qualità ambientale, marketing (Viers et al., 2013).

Nel progetto di paesaggio, a tal fine, a un approccio prettamente estetico-percettivo iniziale, peraltro per lo più adottato a scala di dettaglio, più recentemente si sta sostituendo l'approccio agro-ecologico (Biasi e Brunori, 2011; Tassinari et al, 2010; Tore et al, 2011). Questa strategia considera la valenza ambientale del paesaggio e la sua organizzazione ecosistemica e richiede interventi, secondo criteri multiscalari (dalla scala vasta al singolo appezzamento), di integrazione delle risorse ambientali – lo sono il capitale naturale, l'agro-biodiversità, il suolo, le risorse idriche – e che nel mantenimento di un equilibrio fra queste componenti individua il carattere di sostenibilità ambientale dell'azienda e di distinzione dei prodotti.

Investire nel paesaggio significa aver fatto proprio il principio della multifunzionalità dell'agricoltura, attività che genera prodotti, ma anche servizi ambientali, oggi indicati dalla nuova Politica Agricola Comunitaria (PAC, 2014-2020) come veri servizi pubblici, e la cui attivazione o mantenimento vengono incoraggiati da appropriate misure di sostegno (CATAP, 2014; MI-PAAF, 2013; Van Zanten et al., 2014). Allo stesso tempo, gli studi scientifici volti a valutare natura, diffusione e percezione di servizi ecosistemici forniti dall'agricoltura, come quelli insiti nel mantenimento del capitale naturale, hanno provato un aumento della consapevolezza degli agricoltori per il valore dei servizi ambientali, quando presenti, e una maggiore disponibilità rispetto al passato alla gestione conservativa degli ecosistemi alla base di questa funzione (Sattler e Nagel, 2010; Smith e Sullivan, 2014).

La PAC ha sempre avuto un ruolo chiave nel definire la fisionomia del paesaggio agrario (Piorr e Muller, 2009), specchio di strategie per garantire la competitività dell'agricoltura comunitaria. Infatti, questa politica si è resa responsabile nelle aree a maggiore vocazione agricola di alcune delle trasformazioni più radicali del paesaggio coltivato dagli anni sessanta del secolo scorso a oggi, portando all'affermazione dei paesaggi omogenei, semplificati nella configurazione e nelle funzioni, poveri di biodiversità, frammentati ed effimeri (Godone et al., 2014). Tuttavia, in tempi più recenti, e già a partire dal decennio scorso, nuovi obiettivi hanno consentito l'affermarsi di nuovi paesaggi. Infatti, quella politica agricola inizialmente indirizzata al sostegno del mercato e dei prodotti, è andata integrandosi di misure a sostegno della qualità ambientale (misure agroambientali), con ripercussioni più o meno di-



Ecosistema naturale



Sistema colturale intensivo



Sistema colturale con servizi ecosistemici reintegrati

Fig. 3 Ecosistemi naturali con funzioni produttive semplificate e sistemi colturali intensivi a basso contenuto di capitale naturale a confronto con i sistemi colturali specializzati e servizi eco-sistemici reintegrati grazie alla conservazione o reintroduzione di componenti naturali (foto dell'autore)

rette sul paesaggio, anche se con efficacia diversa nelle singole regioni a seconda dei Programmi di Sviluppo Rurale (PSR) (2007-2013), ora promuovendo la salvaguardia della biodiversità o delle produzioni tipiche e delle pratiche agricole tradizionali, ora la difesa di habitat naturali o degli ecosistemi strategici per gli equilibri ambientali (Agnoletti, 2009). L'entrata in vigore della nuova PAC (PSR 2014-2020) rappresenta, in tal senso, un'autentica svolta verso una politica di salvaguardia ambientale e del paesaggio. L'obbligo del *greening* a fronte di pagamenti diretti agli agricoltori, come la diversificazione delle colture, il mantenimento dei prati permanenti e delle cosiddette aree disinteresse ecologico o superfici equivalenti – per l'ambiente mediterraneo lo sono i terreni a riposo, le terrazze, ma anche i filari, siepi, i bordi dei campi, gli stagni e fossati, i muretti in pietra tradizionali (art. 46 Reg. 1307/2013 e art. 45 Reg. Del.) – porteranno alla ricomparsa nel paesaggio agrario di habitat erosi e di elementi caratteristici persi nella semplificazione e frammentazione dell'agricoltura intensiva (Bennet, 2006). Anche le nuove misure a sostegno allo sviluppo rurale (misure PSR), soprattutto quelle agro-climatico-ambientali, pongono gli ecosistemi connessi all'agricoltura, l'uso efficiente delle risorse e del paesaggio, la biodiversità e l'assetto paesaggistico come obiettivi strategici per la nuova agricoltura. Gli obiettivi della nuova politica agricola di fatto indirizzano alla reintroduzione dei servizi ecosistemici anche nei paesaggi produttivi dell'agricoltura specializzata, intensiva, ad alto contenuto di innovazione tecnologica per il raggiungimento dell'obiettivo di prodotti e filiere di elevata qualità, servizi e funzioni ambientali (fig. 3).

Se considerare il paesaggio come un *unicum* di usi antropici e di funzioni ecosistemiche non rappresenta una visione nuova, l'attuare nella pratica questa prospettiva non è né un fenomeno diffuso, né ben definito nelle modalità attuative.

La possibilità di rigenerazione dei servizi ecosistemici nei sistemi agrari passa attraverso la ricostituzione della complessità degli ambienti. Essenziale pertanto il riconoscimento delle componenti e degli elementi del paesaggio agrario. Qualsiasi intervento sul paesaggio deve basarsi sulla capacità di riconoscere gli elementi costitutivi (fig. 4): gli spazi per la produzione, il disegno delle sistemazioni idraulico-agrarie e della disposizione delle piante, le aree non produttive, i manufatti e le architetture, gli ecosistemi naturali, i margini, i bordi e filari, gli alberi fuori foresta e una miriade di elementi minori dello spazio rurale (Pandakovic e Dal Sasso, 2013). Ricostituire la complessità dell'agroecosistema non è solo questione di qualità paesaggistica, ma innanzi tutto di rigenerazione di funzioni ecologiche, di equilibrio, di adattamento ai cambiamenti ambientali (ecologici, fisici, climatici, biologici, ecc.) e in defi-

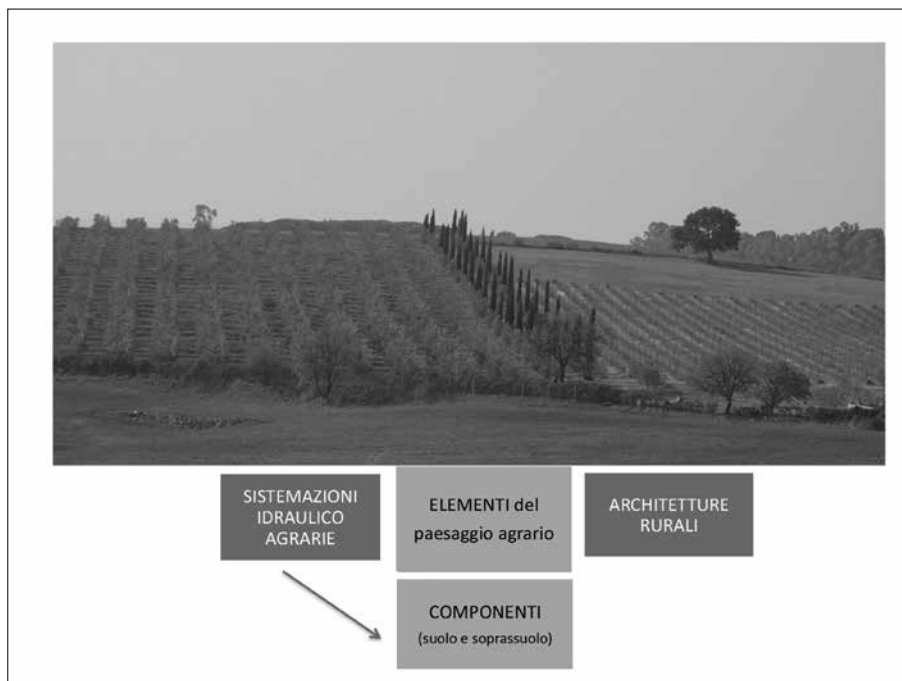


Fig. 4 *La progettazione e gestione del paesaggio dei sistemi arborei comporta la conoscenza degli elementi costitutivi del paesaggio agrario, insieme di sistemazioni, suolo, coltivi, vegetazione naturale e architetture rurali (foto dell'autore)*

nitiva di maggiore resilienza (Macfayden et al., 2012; Martin e Magne, 2015; Mijatovic et al., 2013).

AMBITI E LIVELLI DI INTERVENTO PER UN PAESAGGIO PRODUTTIVO SOSTENIBILE

Nelle aree di agricoltura tradizionale un approccio conservativo potrebbe almeno in parte consentire il raggiungimento dell'obiettivo della qualità paesaggistica, anche per un diffuso pubblico apprezzamento dei paesaggi agrari tradizionali (Fischer et al., 2014; Howley et al., 2012), per quanto la sola presenza della complessità costitutiva, che è loro propria, non possa essere considerata garanzia di agricoltura di qualità, obiettivo, invece, complesso e *multitasking*. Nei sistemi delle colture intensive, semplificati e specializzati, in cui la diversità degli ecosistemi e delle funzioni si sono persi, le strategie di intervento sono state delineate solo in modo frammentario (Dale et al., 2013; Kumaraswamy e Kunte, 2013).

Per accrescere la resilienza dei sistemi arborei e migliorare il paesaggio, un primo livello di intervento senza rinunciare all'innovazione e alla primaria funzione produttiva, interessa sicuramente le sistemazioni idraulico-agrarie, di versante (il 75% del territorio italiano è montano e collinare) e di piano, di fatto l'ordito su cui si è costruisce la trama del paesaggio agrario.

Il rittochino, sistemazione paesaggistica fortemente connotativa di alcuni sistemi produttivi come la viticoltura collinare, ma in generale delle colture arboree che nelle aree declivi rappresentano fra i pochi usi possibili, costituisce un pericolo per la resilienza dell'agroecosistema promuovendo quei fenomeni erosivi, peraltro facilmente contrastabili con il ricorso all'inerbimento degli interfilari, che da solo consentirebbe di passare, come nel caso del vigneto, da 228,5 t/ha/anno di suolo eroso del sistema lavorato a 12,8 t/ha/anno nel sistema inerbito (ISPRA, 2013). Inoltre, spesso la progettazione dei nuovi impianti comporta drastici sbancamenti e livellamenti del terreno non meno insidiosi per l'equilibrio dell'agroecosistema e la funzionalità del suolo, rispetto a una progettualità più rispettosa della morfologia ed esposizione naturale dei versanti, o che preveda interventi compensatori di rivegetazione delle scarpate.

Molte aree agricole italiane sono terrazzate (ISPRA, 2013) e sui terrazzamenti, una delle sistemazioni agrarie più diffuse al mondo, vengono coltivate alcune delle produzioni arboree maggiormente tipiche e connotative dell'agroalimentare nazionale (dal vino Prosecco, ai limoni della costiera amalfitana, i mandarini della Conca d'oro, alle tante DOP dell'olio extravergine d'oliva). Tuttavia, a fronte della persistenza dell'elemento architettonico del muretto a secco, sempre più frequentemente i terrazzamenti vengono interessati dall'abbandono della coltivazione e gestione per lasciare spazio all'incolto (fig. 5), innescando fenomeni di dissesto idrogeologico come le frane, che potrebbero invece ridursi del 200-500% con la semplice manutenzione. I sistemi terrazzati rappresentano aree di grandissimo interesse ecologico (Lefover, 2014) e il loro recupero funzionale, laddove sia venuta a mancare la sistematica gestione, potrebbe accrescere il valore delle produzioni integrando qualità intrinseca dei prodotti e valori ambientali delle tecniche di produzione, oltre che quelli paesaggistici e culturali. Conoscere le zone in cui questi sistemi di paesaggio sono interessati da un maggiore rischio di fenomeni di degrado, consentirebbe l'adozione di strategie territoriali e integrate, le sole in grado di avere un effetto tangibile sulla resilienza del territorio rurale.

I sistemi arborei e agroforestali sono sistemi produttivi di per sé in grado di garantire un più alto contenuto di capitale naturale, quello dato da quell'insieme residuale all'interno o ai margini degli spazi coltivati (zone *buf-*

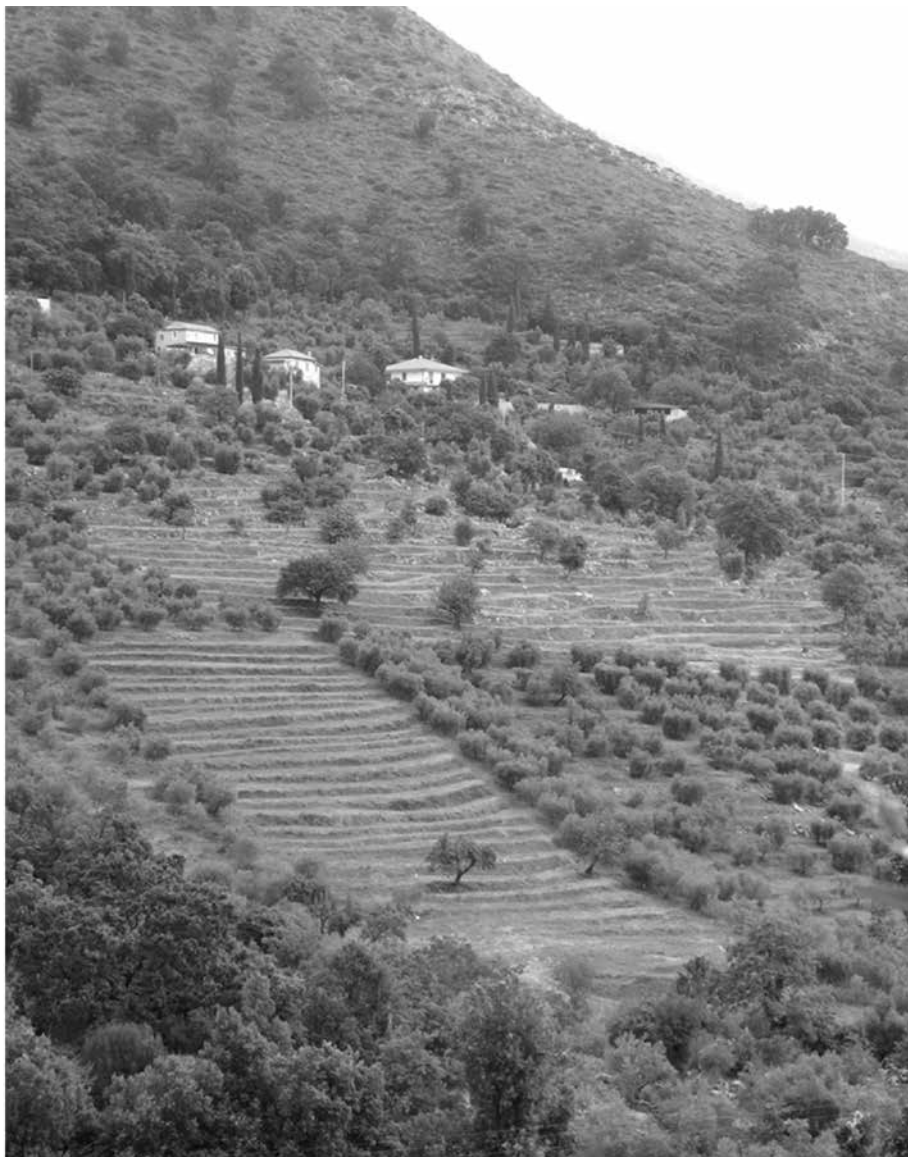


Fig. 5 *L'abbandono dei terrazzamenti rappresenta una delle principali cause di dissesto idrogeologico in molte aree agricole italiane; nella foto aree terrazzate coltivate e incolte del Lazio meridionale (foto dell'autore)*

fer) di habitat propri dell'ambiente su cui si è costruito il paesaggio agrario: dai residui di formazioni boschive e arbusteti, alle siepi, filari fino ai sistemi ripariali o gli alberi fuori foresta. La loro diffusione è indice di sostenibilità

ambientale (Christen e Dalgaard, 2013; Macfayden et al., 2012; Omer et al., 2007). Lo stesso rapporto sistemi erbacei/sistemi arborei è di per sé indice di sostenibilità (Caporali et al., 2008), mentre la perennializzazione dell'agricoltura attraverso la promozione di colture erbacee poliennali, arbusteti, ma anche di colture arboree o legnose è stata recentemente indicata dalla FAO come una strategia per una agricoltura sostenibile (FAO, 2013).

Fra i sistemi arborei che maggiormente conservano il capitale naturale vi sono sicuramente quelli viticoli. Questi, per quanto si identifichino in un sistema di monocoltura, soprattutto quando si basano sulla coltivazione di risorse genetiche autoctone, mantengono una ricchezza di diversità di habitat che concorrono a rafforzare quell'immagine di *terroir* sempre più interconnessa con la promozione del prodotto enologico. Il capitale naturale conservato nell'agroecosistema dà una misura della sua sostenibilità e della resilienza del vigneto (Biasi e Brunori, 2015). Si tratta di spazi essenziali per il mantenimento della biodiversità vegetale – la loro composizione floristica può essere estremamente complessa –, per la salvaguardia degli equilibri biologici animali, il controllo di fitofagi e parassiti e la garanzia dei meccanismi di impollinazione; sono elementi formali del paesaggio produttivo strategici per il mantenimento della connettività ecologica e il superamento della frammentazione degli ecosistemi (Biasi e Brunori, 2011). Il mantenimento, rifunzionalizzazione o ripristino degli ecosistemi naturali nei sistemi arborei intensivi concorrerebbero all'implementazione di infrastrutture verdi agro-ambientali che potrebbero avere un ruolo strategico soprattutto in alcuni ambiti quali quelli peri-urbani per salvaguardare habitat di particolare valore come zone umide, aree ripariali, aree di agricoltura tradizionale. I ricercatori parlano di agrobiodiversità funzionale (FAB, functional agrobiodiversity) (Bianchi et al., 2013), di gestione agricola in grado di conciliare la produttività dei sistemi intensivi con la conservazione degli ecosistemi e dei loro servizi. Varie iniziative in Europa sono avviate per valutare la possibilità di sviluppare pratiche agricole basate sulla conservazione della biodiversità, ma si è ancora lontani dal definire interventi mirati secondo metodologie chiare, o dal disporre di dati su come cambi conseguentemente la quantità, la qualità dei prodotti e su quali siano i benefici economici di questa strategia, ma soprattutto la giusta scala di intervento. Tuttavia, a confermare il ruolo strategico di questi sistemi nell'organizzazione delle aziende agricole, le statistiche europee hanno incominciato a occuparsi del monitoraggio della presenza di questi elementi costitutivi del paesaggio agrario – si tratta ad esempio di muretti a secco, filari e siepi – come espressione della struttura aziendale e dei metodi di produzione rispettosi dell'ambiente (EUROSTAT, 2013). Per la prima volta si

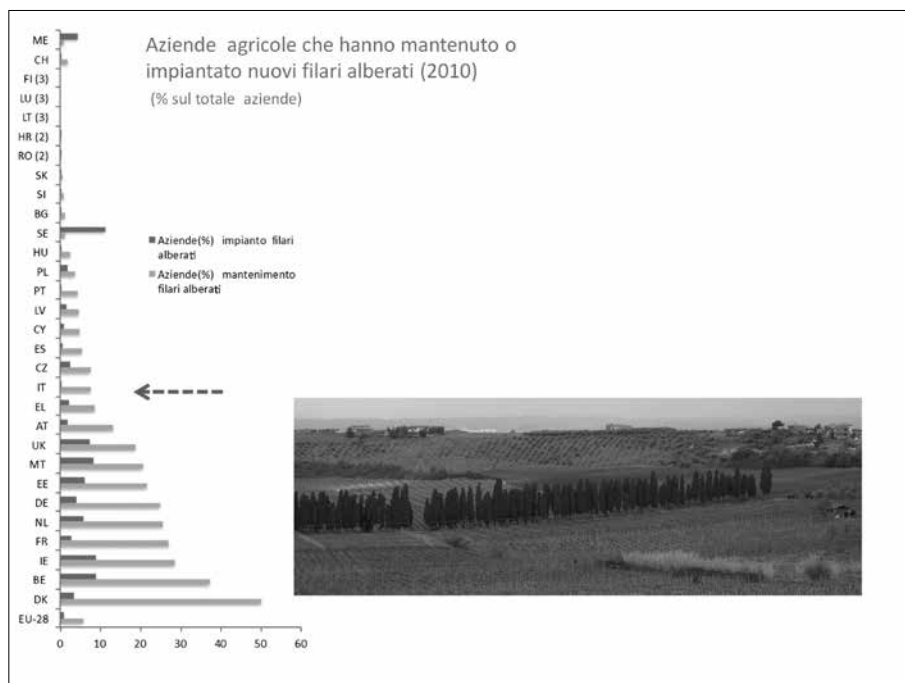


Fig. 6 *Frequenza percentuale delle aziende agricole nei 28 paesi della Comunità Europea interessate dal mantenimento o dalla realizzazione ex-novo di filari alberati (Fonte, EURO-STAT 2013) (foto dell'autore)*

sono rilevati statisticamente i casi di mantenimento o realizzazione *ex-novo* di muretti a secco, filari o siepi (figg. 6-7) e per quanto si sia ancora lontani dal conoscerne l'effettiva consistenza, gli effetti sulle produzioni, la rilevazione della loro presenza è comunque entrata nella valutazione dell'effetto della PAC, dato che il paesaggio (la sua struttura, la consistenza del capitale naturale, l'intensificazione *vs* l'estensificazione) rappresenta uno degli indicatori agro-ecologici sviluppato dalla Commissione Europea per valutare l'effetto della nuova politica agricola e identificare le strategie per un sviluppo sostenibile (EUROSTAT, 2012).

Infine, anche la valutazione di una nuova vocazionalità ambientale concorre all'obiettivo di una maggiore resilienza dei sistemi arborei. Infatti, una delle cause primarie della fragilità di alcuni sistemi produttivi è l'incapacità delle colture di adattarsi ai cambiamenti climatici e alle forze di trasformazione indotte dagli stress abiotici e biotici che da questi vengono indotti. Rivalutare l'idoneità dell'ambiente alla coltivazione delle medesime specie o, in alternativa, a quella di specie nuove, l'uso di una agrobiodiversità più tolle-

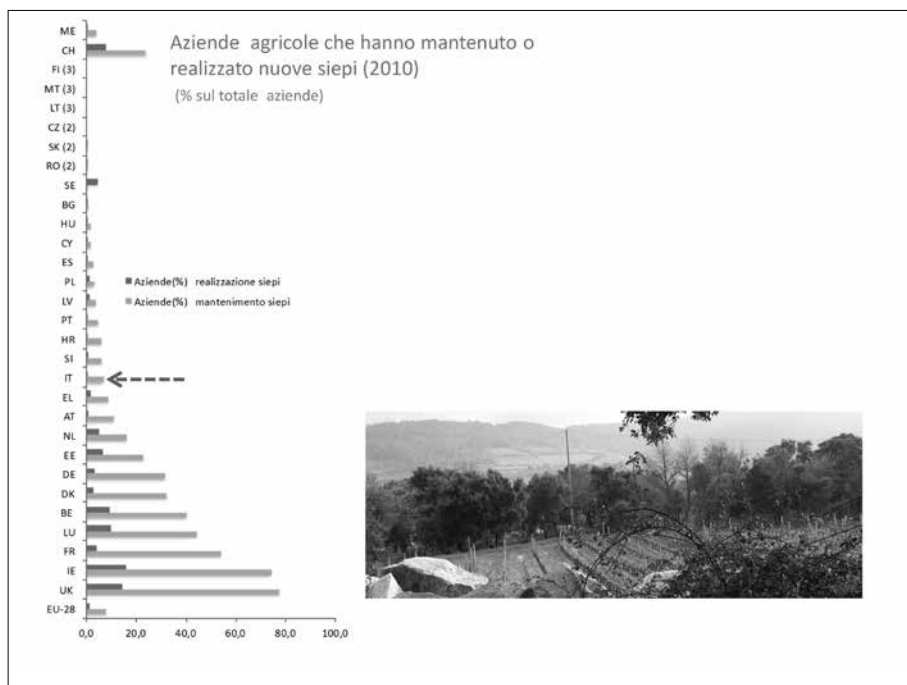


Fig. 7 Frequenza percentuale delle aziende agricole nei 28 paesi della Comunità Europea interessate dal mantenimento o dalla realizzazione ex-novo di siepi (Fonte, EUROSTAT 2013) (foto dell'autore)

rante e adattabile – i genotipi autoctoni si sono selezionati nel loro ambiente di diffusione esprimendo la migliore interazione genotipo-ambiente e con la conservazione in situ *on-farm* continuano a subire la stessa pressione selettiva garantendo il mantenimento dei caratteri di adattabilità e resistenza (Zeven, 1998) – rappresentano strategie che si rispecchiano nel paesaggio, anche perché questo materiale genetico consente l'adozione di modelli produttivi con valenza agroambientale e a basso impiego di input esterni all'azienda.

I NUOVI PAESAGGI FRUTTICOLI: L'AMBITO URBANO E PERI-URBANO

Lo spazio rurale è andato espandendosi con il mutare delle forme dell'abitato e della tendenza della popolazione a concentrarsi nelle aree urbane e peri-urbane. La condizione del peri-urbano, inteso come spazio geografico fra la città e la campagna, oggi è talmente peculiare che il suo paesaggio differisce sia da quello urbano che da quello rurale per configurazione, funzioni e

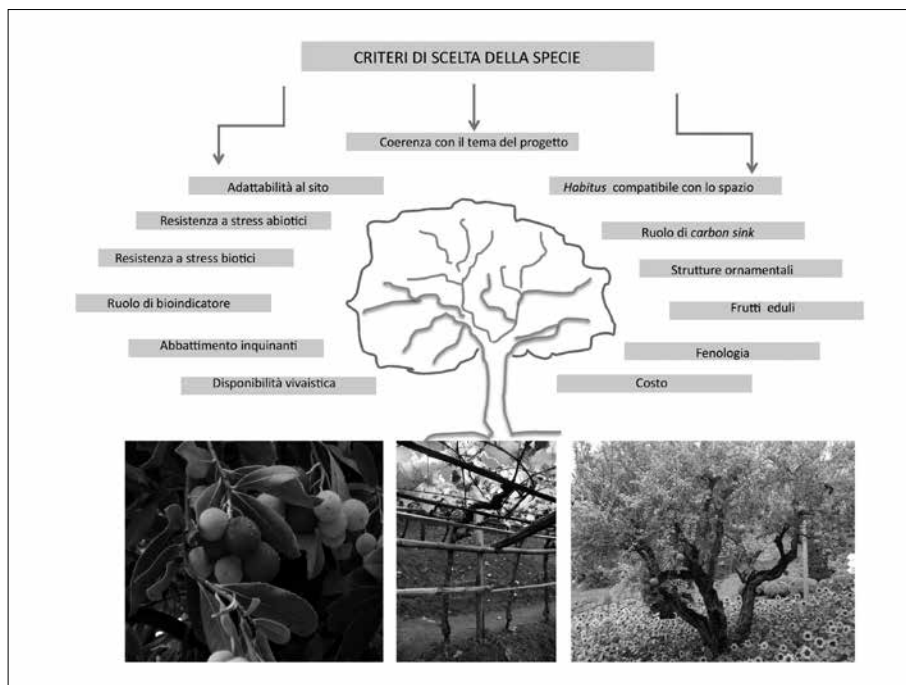


Fig. 8 *Nel progetto dello spazio aperto urbano la scelta della specie vegetale risponde a criteri multipli, inclusa la funzione produttiva privilegiata nei progetti di agricoltura urbana (foto dell'autore)*

altre caratteristiche (Meeus and Gulinck, 2008) e sempre più si presenta come un mosaico eterogeneo di ecosistemi naturali, produttivi e agricoli con i propri biotopi, ecosistemi e dinamiche di trasformazione. Coltivate o abbandonate, le aree agricole sono parte della rete ecologica dello spazio periurbano. Le campagne urbane, di cui i sistemi arborei rappresentano elementi fortemente connotativi, si configurano come spazi strategici per la continuità e connessione delle infrastrutture ecologiche delle città con l'ambiente naturale, per il rafforzamento delle connessioni città-campagna, per la gestione di uno spazio fragilissimo che è quello del contatto, dei margini fra ecosistemi naturali e fortemente antropizzati. Le campagne urbane e peri-urbane sono i nuovi paesaggi produttivi ordinari con cui sono chiamati a confrontarsi agronomi, urbanisti, paesaggisti, geografi, storici, sociologi. Il progetto contemporaneo degli spazi aperti della città e delle periferie si relaziona con l'uso agricolo del suolo e le relative funzioni; sempre più spesso nei progetti di paesaggio la funzione produttiva della componente vegetale assume una posizione di rilievo nei criteri di scelta (fig. 8). Pro-

gettare con le specie di interesse agrario e disegnare spazi produttivi nella città (Ippolito et al., 2013) rappresentano una tendenza, la sfida per una opportunità di vivere in modo diverso la dimensione dei centri abitati, una strategia per migliorare la qualità dell'ambiente urbano e per fornire servizi per la città, come l'agricoltura urbana si propone (Marino e Cavallo, 2014). A definire la fisionomia dei sistemi arborei di domani vi saranno quindi anche i nuovi paesaggi produttivi urbani – dalla scala vasta di ampi spazi agricoli, a quella di dettaglio rappresentata dalla miriade di orti-frutteto o balconi e terrazze coltivate. Produrre cibo, di cui la frutta rappresenta un cardine della piramide alimentare, da processi produttivi sostenibili anche economicamente sta portando con interesse esponenziale la questione di una frutticoltura urbana al centro delle politiche di amministrazioni e delle strategie di gestione di numerose aziende agricole. Sempre più numerosi sono gli esempi di interventi urbanistici, di progettazione e gestione del paesaggio che valorizzano negli ambiti metropolitani le aree produttive pre-esistenti o che disegnano spazi produttivi ex-novo spesso in spazi degradati o in luoghi dismessi (Biasi, 2014; de la Salle e Holland, 2010; Tassinari et al., 2012). Al fianco di queste esperienze che assumono una valenza particolare per l'alto contenuto sociale ed educativo, ve ne sono tante più numerose che riguardano aziende agricole che si sono trovate a essere inglobate in quel tessuto urbano a causa della espansione diffusa della città, il cosiddetto *sprawl* urbano, fenomeno urbanistico tipico di molte metropoli italiane. Conciliare le pressioni di trasformazione del paesaggio quali la cementificazione, il cambiamento climatico particolarmente attivo all'interno e attorno alle isole di calore rappresentate dalle città, l'inquinamento, con il mantenimento delle funzioni e redditi delle aziende agricole e il permanere del paesaggio dei sistemi arborei, significa investire sui prodotti, ma principalmente sulla multifunzionalità degli agroecosistemi arborei e sul valore dei servizi ecosistemici interconnessi, non ultima la funzione di stoccaggio di carbonio (Brunori et al., 2013). L'integrazione fra pratiche agricole e pratiche ecologiche, ma anche azioni sociali, etiche, di giustizia spaziale si stanno delineando come un approccio innovativo per coniugare redditività delle colture e fornitura nel lungo periodo di diversificati servizi ecosistemici ambientali per la città. La resilienza dei paesaggi produttivi urbani e peri-urbani va tuttavia adeguatamente sostenuta con progetti mirati di rifunzionalizzazione e valorizzazione del patrimonio agricolo, del paesaggio agrario quale fattore produttivo strategico per l'immagine dell'azienda e il marketing dei prodotti, e dei sistemi frutticoli storici così numerosi in Italia e in Europa nelle aree metropolitane (Biasi et al., 2013).

CONCLUSIONI E PROSPETTIVE FUTURE

Si sta delineando un nuovo approccio nella progettazione e nella gestione dei sistemi arborei del domani in grado di fornire produzioni migliorate sotto il profilo qualitativo e rispettose dell'ambiente, risultato dell'incontro fra ricerca, innovazione tecnologica e obiettivi ecologici. Tale approccio mira sostanzialmente all'organizzazione di una matrice integrata di ecosistemi, che pur garantendo la funzione produttiva fornisca nel contempo un'elevata quantità di servizi eco-sistemici, a loro volta in grado di accrescerne la resilienza.

Per il raggiungimento di tale obiettivo una maggiore efficacia può essere data da strategie integrate *top down-bottom up*, alla giusta scala spaziale: a scala aziendale l'osservanza di semplici principi di ecologia del paesaggio nel progetto degli impianti consente di conciliare la produzione con il miglioramento ecologico-ambientale degli impianti con particolare riferimento al mantenimento di un'elevata biodiversità, lo sviluppo di modelli produttivi in cui la tecnica colturale possa coesistere con l'innovazione tecnologica, la salvaguardia delle risorse naturali e la conservazione del paesaggio, l'uso sostenibile delle risorse genetiche, rendendoli parte integrante dello sviluppo delle filiere produttive (Nieto-Romero et al., 2014); a scala territoriale promuovendo l'integrazione delle politiche ambientali, urbanistiche, anche attraverso lo strumento dei piani paesaggistici che solo poche Regioni italiane hanno finora adottato (Agnoletti et al., 2013).

La rivoluzione culturale che viene chiesta agli agricoltori, agli imprenditori agricoli, a chi amministra o pianifica il territorio, ovvero il porre la qualità del paesaggio a fianco delle altre logiche aziendali, richiede nuove professionalità e competenze, come auspicato peraltro dalla stessa CEP³ (art. 6 b), attraverso la promozione di una cultura del progetto di paesaggio frutto di trans e interdisciplinarietà e integrazione di conoscenze come richiede la comprensione del "paesaggio" e il saper fare, e accrescendo il ruolo delle associazioni scientifiche

³ Articolo 6 – Misure specifiche. A, *Sensibilizzazione*: Ogni parte si impegna ad accrescere la sensibilizzazione della società civile, delle organizzazioni private e delle autorità pubbliche al valore dei paesaggi, al loro ruolo e alla loro trasformazione. B, *Formazione ed educazione*: Ogni parte si impegna a promuovere: a) la formazione di specialisti nel settore della conoscenza e dell'intervento sui paesaggi; b) dei programmi pluridisciplinari di formazione sulla politica, la salvaguardia, la gestione e la pianificazione del paesaggio destinati ai professionisti del settore pubblico e privato e alle associazioni di categoria interessate; c) degli insegnamenti scolastici e universitari che trattino, nell'ambito delle rispettive discipline, dei valori connessi con il paesaggio e delle questioni riguardanti la sua salvaguardia, la sua gestione e la sua pianificazione (Fonte: CEP, Firenze 2000).

e professionali nel guidare la tipologia e la portata degli interventi di pianificazione e progettazione.

RIASSUNTO

L'Italia è uno dei paesi europei con la più elevata diversità paesaggistica e a questa ricchezza concorrono in buona parte una miriade di paesaggi agrari fra cui quelli dei sistemi arborei. Oggi si sta passando da uno stato di inconsapevolezza a una presa di coscienza dei multipli significati che il paesaggio produttivo può assumere e dei legami fra produzioni, stato dell'ambiente e benessere comune. Il nuovo millennio ha ereditato un paesaggio rurale che, pur conservando alcuni ambiti di straordinario valore agronomico, ecologico-ambientale e culturale, è estremamente fragile nei suoi equilibri, vulnerabile, in evidente stato di criticità, impoverito nella diversità e artificialmente mantenuto nel suo assetto solo grazie al ricorso di costosi input esterni. Uno degli obiettivi strategici per una gestione sostenibile del territorio è il raggiungimento del carattere di resilienza dei paesaggi agrari, una capacità adattativa ai cambiamenti causati dalle diverse forze in atto, dall'urbanizzazione e consumo di suolo, al dissesto idrologico e i cambiamenti climatici. L'obiettivo della resilienza e della qualità paesaggistica è fra quelli che nel complesso definiscono i caratteri di un'agricoltura sostenibile e rappresenta un fattore di diversificazione e di accresciuta competitività sul mercato sia per le aziende dell'ambito rurale, che per le molte dell'ambito peri-urbano e urbano all'insegna della multifunzionalità. L'integrazione fra pratiche agronomiche e pratiche ecologiche si sta delineando come un approccio vincente per coniugare redditività delle colture e fornitura nel lungo periodo di diversificati servizi ecosistemici anche attraverso gli strumenti offerti dalla nuova Politica Agricola Comune (2014-2020). Essenziale a tal fine la conoscenza di una metodologia di progetto di paesaggio in grado di integrarsi con la progettazione dell'impianto, la scelta degli indirizzi colturali, la programmazione della produzione e, successivamente, la gestione ordinaria dell'azienda. Un progetto di paesaggio a scala aziendale necessita della capacità di lettura delle sue componenti, possibili livelli di intervento, dalle sistemazioni idraulico-agrarie e il suolo, alle aree buffer degli spazi coltivati, agli ecosistemi naturali più o meno preservati nelle aree non produttive. Portare il progetto di paesaggio all'interno delle filiere produttive, soprattutto di quelle delle colture arboree, che in quanto poliennali vengono già indicate come sistemi strategici per una agricoltura mondiale sostenibile, consentirà di rafforzare la competitività di questo importante settore dell'agricoltura italiana a cui vanno ricondotti alcuni fra i prodotti tipici e tradizionali più conosciuti e apprezzati nel mondo.

ABSTRACT

Among the European countries Italy has one of the most diverse rural landscape. The landscape reflects the adopted production models and management techniques. The perception of the multiple value of the productive landscape and of the link among production, environment quality and common welfare is increasing. Despite the limited

number of cultural landscapes of high agronomical and ecological value, today's tree crop-based landscape, which is mainly intensive and specialized, is highly unsustainable, fragmented, simplified and therefore vulnerable. As a matter of fact, the landscape's resilience represents the future challenge for the sustainable development of agriculture. This paper analyses the main features and strategies that define modern productive landscapes as these are expression of the integration of agronomical and ecological practices. These provide high quality production and environmental services allowing the consolidation of the farms' competitiveness on the base of a tight and unique relationship between product and landscape.

BIBLIOGRAFIA

- AGNOLETTI M. (2009): *Paesaggio e Sviluppo Rurale. Il ruolo del paesaggio all'interno dei Programmi di Sviluppo Rurale 2007-2013*, a cura di Rete Rurale Nazionale, Ministero delle Politiche Agricole Alimentari Forestali (www.reterurale.it).
- AGNOLETTI M. (a cura di) (2010): *Paesaggi Rurali Storici. Per un catalogo nazionale*, Laterza, Roma-Bari.
- AGNOLETTI M., TASSINARI P., GALLI A. (2013): *Rural Landscapes: Towards a better Integration of Rural Development Policies*, Strecker A. Ed, Proceedings of the Second Careggi Seminar – Florence April 16, 2012, «I Quaderni di Careggi», 2 (2)1 (www.uniscape.eu).
- ANTROP M. (2005): *Why landscape of the past are important for the future*, «Landscape and Urban Planning», 70, pp. 21-34.
- BARBERA G., BIASI R., MARINO D. (2014): *Paesaggi agrari tradizionali, Un percorso per la conoscenza*, Franco Angeli Editore, Milano.
- BENNET A.F., RADFORD J.Q., HASLEM A. (2006): *Properties of land mosaics: Implications for nature conservation in agricultural environments*, «Biological Conservation», 133 (2), pp. 250-264.
- BIANCHI F.J.J.A., MIKOS V., BRUSSAARD L., DELBAERE B., PULLEMAN M.M. (2013): *Opportunities and limitations for functional agrobiodiversity in the European context*, «Environmental Science & Policy», 27, pp. 223-231.
- BIASI R. (2014): *I sistemi agro-silvo-pastorali della campagna urbana*, in *Il paesaggio zootecnico italiano*, a cura di B. Ronchi, G. Pulina, M. Ramanzin, FrancoAngeli, Milano, pp. 127-142.
- BIASI R. (2015): *Il paesaggio agrario moderno: un concetto in evoluzione*, Atti VII Colloquio Internazionale Comunicare il Paesaggio. Parole chiave per un dialogo transdisciplinare, Franco Angeli, Milano, in stampa.
- BIASI R., BOTTI F. (2011): *L'evoluzione del paesaggio del nocciolo nell'alto Lazio: il caso studio delle colline dei monti Cimini*, «Corylus & Co», voll. 1, pp. 37-46.
- BIASI R., BRUNORI E. (2011): *Le linee guida per la valorizzazione del paesaggio viticolo*, in *Modelli viticoli e gestione del vigneto in Sardegna*, a cura di G. Nieddu, pp. 104-115, Edizione CONVISAR, Sassari.
- BIASI R., BRUNORI E. (2015): *The on-farm conservation of grapevine (Vitis vinifera L.) landraces assures the habitat diversity in the viticultural agro-ecosystem*, «Vitis», in stampa.
- BRUNORI E., FARINA R., BIASI R. (2013): *Vineyards as alternative carbon sinks in peri-urban areas*, «Ciencia e Técnica Vitivinícola», voll. 28, pp. 1091-1121.
- BIASI R., SALVATI L., BARBERA G. (2013): *Historical urban and peri-urban agriculture:*

- structure, function and management of fruit tree and vine landscapes*, Book of Abstracts of the International Conference on "Changing Cities, Spatial, morphological, formal & socio-economic dimensions", Skiathos Island, Greece, June 18-21, p. 70 (ISBN 978-960-6865-64-0).
- CONCEPCIÓN E.D., DÍAZ M., BAQUERO R.A. (2008): *Effects of landscape complexity on the ecological effectiveness of agri-environment schemes*, «Landscape Ecology», 23, 2, pp. 135-148.
- CAPORALI F., MANCINELLI R., CAMPIGLIA R., DI FELICE V., VAZZANA C., LAZZERINI G., BENEDETTI A., MOCALI S., CALABRESE J. (a cura di) (2008): *Indicatori di Biodiversità per la sostenibilità in Agricoltura. Linee guida, strumenti e metodi per la valutazione della qualità degli agroecosistemi*, Manuali e Linee Guida, ISPRA 47/2008 (ISBN 978-88-448-0337-7).
- CATAP (2014): *Implicazioni della nuova PAC per l'ambiente ed il paesaggio. Esigenze, valutazioni, proposte, Documento comune C.A.T.A.P.*, dal Convegno Riflessi della nuova Politica Agricola Comune 2014-2020 sull'ambiente e sul Paesaggio in Italia Roma 19/06/2014 (www.catap.eu/).
- CHRISTEN B., DALGAARD T. (2013): *Buffer for biomass production in temperate European agriculture: A review and synthesis on function, ecosystem services and implementation*, «Biomass and Energy», 55, pp. 53-67.
- COM (2010): *Europa 2020. Una strategia per una crescita intelligente, sostenibile e inclusiva*, Commissione Europea Bruxelles 3/3/2010.
- DALE V.H., KLINE K.L., KAFFKA S.R., LANGEVELD J.W.A. (2013): *A landscape perspective on sustainability of agricultural systems*, «Landscape Ecology», 28, 6, pp. 1111-1123.
- DE LA SALLE J., HOLLAND M. (2010): *Agricultural Urbanism, Handbook for Building Sustainable Food & Agriculture System in 21st Century Cities*, GFB HB Lanarc, Canada.
- DEZIO C., CAVALLO A., MARINO D. (2014): *Resilient agrarian landscapes in face of changes: the co-evolutive approach to understand the links between communities and environmental characters*, Proceedings ICOMOS Scientific Symposium in Florence, Heritage and landscape as human values, 11-14 Nov 2014, in stampa.
- EDVARDSEN A., HALVORSEN R., NORDERHAUG A., PEDERSEN O., RYDGREN K. (2010): *Habitat specificity of patches in modern agricultural landscapes*, «Landscape Ecology», 25, 7, pp. 1071-1083.
- EUROSTAT (2012): *Agri-environmental indicator – landscape state and diversity*, Eurostat Statistics Explained, (http://epp.eurostat.ec.europa.eu/statistics_explained/) accessed on nov 2014.
- EUROSTAT (2013): *Agriculture – Landscape features*, Eurostat Statistics Explained, (http://epp.eurostat.ec.europa.eu/statistics_explained/) accessed on nov 2014.
- FAO (2013): *Perennial Agriculture: landscape Resilience for the Future*, Documents (<http://www.fao.org/fileamin/templates/agphome/documents/scpi/PerennialPolicyBrief.pdf>)
- FARINA A. (2006): *Ecologia del Paesaggio. Principi, metodi e applicazioni*, Utet, Bologna.
- FISCHER J., HARTEL T., KUEMMERLE T. (2012): *Conservation policy in traditional farming landscapes*, «Conservation Letters», 5, 3, pp. 167-175.
- GODONE D., GARBARINO M., SIBONA E., GARNERO G., GODONE F. (2014): *Progressive fragmentation of a traditional Mediterranean landscape by hazelnut plantations: The impact of CAP over time in the Langhe region (NW Italy)*, «Land Use Policy», 36, pp. 259-266.
- HOLLING C.S. (1973): *Resilience and stability of ecological systems*, «Annual reviews of Ecology and Systematics», 4, pp. 1-23.

- HOWLEY P., DONOGHUE C.O., HYNES S. (2012): *Exploring public preferences for traditional farming landscapes*, «Landscape and Urban Planning», 104, pp. 66-74.
- IPPOLITO A.M., BIASI R., PEA A. (2013): *Progettare con le piante da frutto: proposte per nuovi paesaggi urbani*, Atti del Convegno Frutticolo nel Lazio: Stato dell'arte della ricerca sulle colture arboree nel Lazio, Viterbo 23 aprile 2013, p. 82
- ISPRA (2012): *Glossario dinamico per l'ambiente e il paesaggio*, Manuali e linee guida, ISPRA 78, 1/2012 (ISBN 978-88-448-0534-0).
- ISPRA (2013): *Linee guida per la valutazione del dissesto idrogeologico e la sua mitigazione attraverso misure e interventi in campo agricolo e forestale*, Manuali e Linee guida ISPRA 85/2013 (ISBN 978-88-448-0586-9).
- ISPRA (2014): *Il consumo di suolo in Italia*, Rapporti ISPRA 195/2014 (ISBN 978-88-448-0646-0).
- ISTAT (2011): *6° Censimento generale dell'agricoltura*, Risultati definitivi (www.istat.it/it/archivio/66591)
- ISTAT e CNEL (2014): *BES 2014 – Il benessere equo e sostenibile in Italia*, ISTAT, Roma.
- KUMARASWAMY S., KUNTE K. (2013): *Integrating biodiversity and conservation with modern agricultural landscapes*, «Biodiversis Conserv», 22, pp. 2735-2750.
- LAFEVOR M.C. (2014): *Restoration of degraded agricultural terraces: Rebuilding landscape structure and process*, «Journal of Environmental Management», 138, pp. 32-42.
- LEFEBVRE M., ESPINOSA M., GOMEZ Y PALOMA S., PARACCHINI M.L., PIORR A., ZASADA I. (2014): *Agricultural landscapes as multi-scale public good and the role of the Common Agricultural Policy*, «Journal of Environmental Planning and Management», pp. 1-25, <http://dx.doi.org/10.1080/09640568.2014.891975>
- MACDONALD D., CRABTREE J.R., WIESINGER G. ET AL. (2000): *Agricultural abandonment in mountain areas of Europe: environmental consequences and policy response*, «Journal of Environmental Management», 59, pp. 47-69.
- MACFADYEN S., CUNNINGHAM S.A., COSTAMAGNA A.C., SCHELLHORN N.A. (2012): *Managing ecosystem services and biodiversity conservation in agricultural landscapes: are the solution the same?*, «Journal of Applied Ecology», 49, pp. 690-694.
- MARINO D., CAVALLO A. (a cura di) (2014): *Agricoltura, cibo e città – Verso sistemi socio-ecologici resilienti*, CURSA (pas)Saggi 1(2), Roma (ISSN 2284-4376).
- MARTIN G., MAGNE M.A. (2015): *Agricultural diversity to increase adaptive capacity and reduce vulnerability of livestock systems against weather variability – A farm-scale simulation study*, «Agriculture, Ecosystem and Environment», 199, pp. 301-311.
- MEEUS SJ, GULINK H. (2008): *Semi-urban areas in landscape research: a Review*, «Living Rev. Landscape Res.», 2, pp. 1-45.
- MIJATOVIC D., VAN OUDENHOVEN F., EYZAGUIRRE P., HODGKIN T. (2013): *The role of agricultural biodiversity in strengthening resilience to climate change: Towards an analytical framework*, «International Journal of Agricultural Sustainability», 11 (2), pp. 95-107.
- MIPAAF (2013): *La nuova PAC: le scelte nazionali*, a cura di MIPAAF e INEA (https://www.politicheagricole.it/flex/files/1/8/a/D.2af5c7b1a63ce0ef3447/Attuazione_Pac_29_07_2014.pdf).
- NIETO-ROMERO M., OTEROS-ROZAS E., GONZÁLEZ J.A., MARTÍN-LÓPEZ B. (2014): *Exploring the knowledge landscape of ecosystem services assessments in Mediterranean agroecosystems: Insights for future research (Review)*, «Environmental Science and Policy», 37, pp. 121-133.
- OMER A., PASCUAL U., RUSSEL N.P. (2007): *Biodiversity Conservation and Agricultural Systems*, «Journal of Agricultural Economics», voll. 58 (2), pp. 308-329.

- PANDAKOVIC D., DAL SASSO A. (2013): *La costruzione del paesaggio produttivo*, in *Saper vedere il paesaggio*, pp. 109-146, CittàStudi Edizioni, Novara.
- PIORR A., MULLER K. (2009): *Rural Landscapes and Agricultural Policies in Europe*, A. Piorr, K. Muller (eds), Springer- Verlag Berlin Heidelberg.
- PRIORE R. (a cura di) (2006): *La Convenzione Europea del Paesaggio. Il testo tradotto e commentato*, Edizioni «Collana saggi Brevi», Università degli Studi Mediterranea di Reggio Calabria, Reggio Calabria.
- SALVATI L., ZITTI M. (2005): *Land degradation in the Mediterranean basin: linking bio-physical and economic factors into an ecological perspective*, «International Journal of Biology and Ecology», 5, pp. 67-77.
- SATTTLER C., NAGEL U.J. (2010): *Factors affecting farmer's acceptance of conservation measures – A case study from north-eastern Germany*, «Land Use Polocy», 27, pp. 70-77.
- SERENI E. (1961): *Storia del paesaggio agrario italiano*, Laterza, Bari.
- SMITH H.F., SULLIVAN C.A. (2014): *Ecosystem services within agricultural landscapes – Farmer's perceptions*, «Ecological Economics», 98, pp. 72-80.
- TASSINARI P., TORREGGIANI D., BENNI S. (2010): *Dealing with agriculture, environment and landscape in spatial planning: A discussion about the Italian case study*, «Land Use Policy», 30, pp. 739-747.
- TORE C., PERETTO R., FANTOLA F. ET AL. (2011): *I Macroterritori studiati, in Modelli viticoli e gestione del vigneto in Sardegna*, a cura di G. Nieddu, Edizione CONVISAR, Sassari, pp. 19-54.
- TORREGGIANI D., DALL'ARA E., TASSINARI P. (2012): *The urban nature of agriculture: Bidirectional trends between city and countryside*, «Cities», 29, pp. 412-416.
- VAN ZANTEN B.T., VERBURG P.H., ESPINOSA M. ET AL. (2014): *European agricultural landscapes, common agricultural policy and ecosystem services: A review (Review)*, «Agronomy for Sustainable Development», 34, 4, pp. 309-325.
- VIERS J.H., WILLIAMS J.N., NICHOLAS K.A. ET AL. (2013): *Vinecology: pairing wine with nature*, «Conservation Letters», 6, pp. 287-299.
- ZERBE S. (2012): *Ecologia del Paesaggio: una sfida internazionale*, «Review Italus Hortus», 19 (3), pp. 54-63.
- ZEVEN A.C. (1998): *Landraces: a review of definitions and classifications*, «Euphytica», 104, pp. 127-139.

Finito di stampare in Firenze
presso la tipografia editrice Polistampa
nel novembre 2015