

## 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.

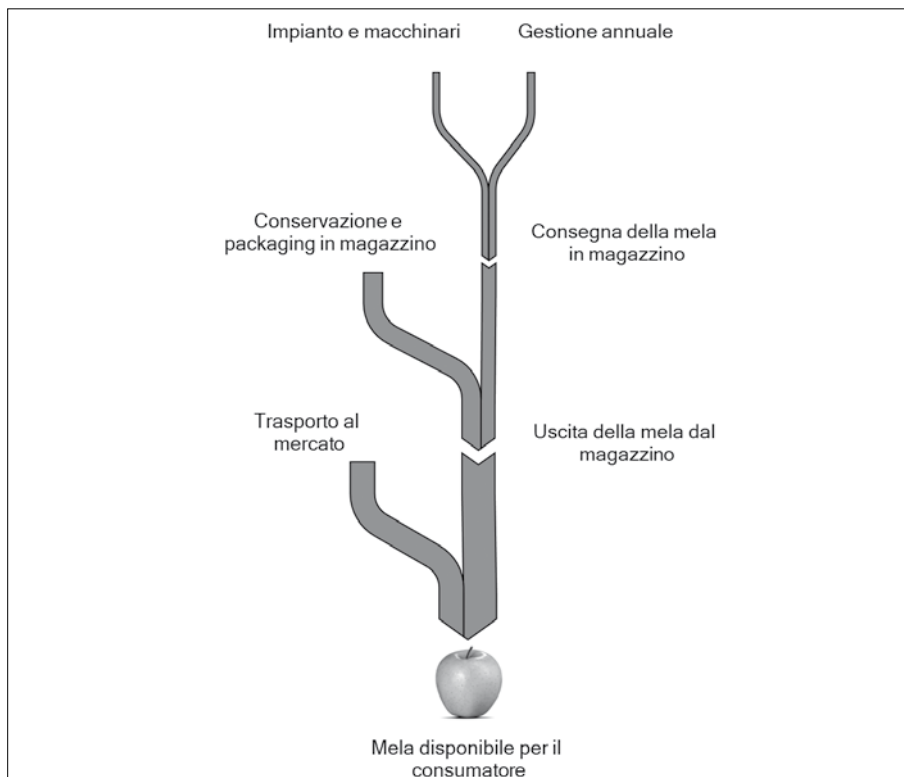
#### IMPIEGO DI ENERGIA E IMPRONTA CARBONICA

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 trattatrici) o indiretto (es. nei vari processi di produzione dei mezzi di produzione), quantità variabili di energia di tipo fossile, che per essere prodotta rilascia  $\text{CO}_2$ . Indicativamente, per ogni kg di gasolio convertito in energia si immettono nell'atmosfera 3 t di  $\text{CO}_2$ . Questi quantitativi di  $\text{CO}_2$  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  $\text{CO}_2$  (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  $\text{CO}_2$  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](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](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.