

# Il ruolo dei sistemi frutticoli polifunzionali: parametri fisiologici, gestione delle risorse e stoccaggio del carbonio atmosferico

GIUSEPPE MONTANARO - BARTOLOMEO DICHIO - ANGELO CARMINE TUZIO - GIUSEPPE CELANO - CRISTOS XILOYANNIS  
 Dipartimento di Scienze dei sistemi culturali, forestali e dell'ambiente - Università della Basilicata - Potenza

L'avanzamento delle conoscenze scientifiche sui flussi del carbonio nel frutteto estende e rafforza il concetto di agricoltura polifunzionale, attenta non solo agli aspetti produttivi, ma anche alla salvaguardia dell'ambiente. La necessità di riconsiderare l'aumento del carbonio nel terreno in relazione all'obiettivo di riduzione della CO<sub>2</sub> atmosferica. Il ruolo potenziale dei sistemi frutticoli integrati, condotti secondo sistemi a ridotto input energetico, scaturito da alcuni programmi di ricerca

Durante la sua storia l'agricoltura ha avuto come obiettivi principali l'incremento delle produzioni unitarie e l'espansione delle aree coltivate finalizzati al sostentamento delle popolazioni e all'incremento degli scambi commerciali. Ad esempio, nell'ultimo secolo le produzioni di 1 ettaro di grano sono pressoché triplicate (da 2 a circa 6-7 t ha<sup>-1</sup>) (Curtis *et al.*, 2002) e quelle di una coltura arborea si stima siano raddoppiate. Ciò è stato possibile grazie alla meccanizzazione, all'introduzione di fertilizzanti e pesticidi, a programmi di miglioramento genetico ed

all'uso dell'irrigazione. Oggi risulta evidente come tutto ciò sia stato fatto soprattutto a spese dell'ecosistema (es. suolo, acqua, risorse genetiche, ambiente) che risulta fortemente degradato ed inquinato (Barton e Farmer, 1997; Sherwood e Uphoff, 2000; Buck *et al.*, 2004).

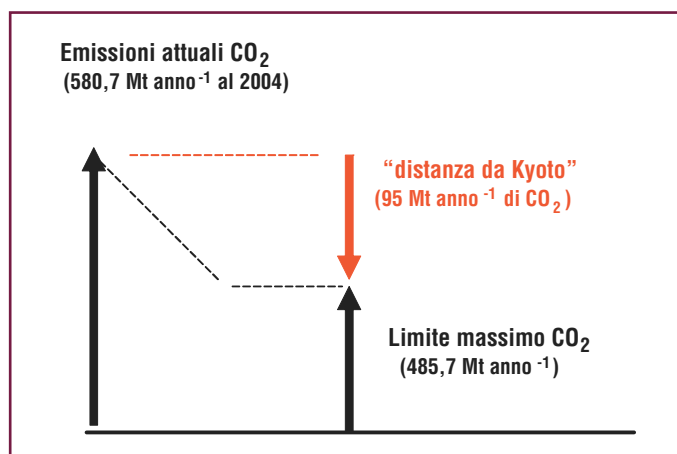
La sfida attuale per l'agricoltura non è solamente il risultato produttivo (quantità e qualità), ma anche la

conservazione ed il miglioramento delle risorse naturali, la protezione ed il recupero dei suoli, ed anche gli aspetti socio-economici (Kirchmann e Thorvaldsson, 2000) assumendo così un ruolo polifunzionale.

L'incremento della concentrazione dell'anidride carbonica (CO<sub>2</sub>) atmosferica, che è ritenuta una causa primaria dei cambiamenti climatici che si verificano su scala globale, ha stimolato molte proposte sia per ridurre le emissioni che per aumentare il sequestro di CO<sub>2</sub> legati alle attività antropiche. Recentemente, grazie all'impulso dato dal Protocollo di Kyoto, è cresciuta la considerazione del settore agricolo ai fini della riduzione dei gas-serra (in particolare della CO<sub>2</sub>) dato che il suolo

è un possibile contenitore ("sink") per lo stoccaggio di CO<sub>2</sub> sequestrata dall'atmosfera. Il trasferimento della CO<sub>2</sub> atmosferica nel suolo si verifica attraverso la stessa crescita delle piante (grazie alla fotosintesi) ed alla successiva decomposizione del materiale vegetale, a seguito della quale una parte del carbonio atmosferico è incorporato nel suolo (Fig. 2). Attraverso l'ottimizzazione delle pratiche agricole è possibile contemporaneamente incrementare il sequestro di CO<sub>2</sub> atmosferica e ridurre le emissioni.

L'Italia ha recepito il Protocollo di Kyoto (Legge 120 del giugno, 2002) impegnandosi ad una riduzione complessiva del 6,5% dei gas ad effetto serra rispetto ai livelli del 1990. L'impegno di riduzione dei gas serra (anidride



▲ Fig. 1 - Rappresentazione schematica delle emissioni annuali italiane di CO<sub>2</sub> per il periodo 2008-2012 in relazione al limite massimo stabilito dall'accordo di Kyoto (nostra elaborazione su dati D.lgs. 4 aprile 2006, n. 216). I valori di CO<sub>2</sub> devono intendersi in equivalenti di CO<sub>2</sub>.

Lavoro svolto nell'ambito dei Progetti Pon-Brimet e Prin-2004

carbonica, protossido di azoto, metano, idrofluorocarburi, perfluorocarburi ed esafluoruro di zolfo, espressi in termini di equivalenti di CO<sub>2</sub> – eqCO<sub>2</sub>) significa che le emissioni medie nel periodo 2008-2012 non potranno superare 485,7 Mt eqCO<sub>2</sub> all'anno (D.Lgs. 216 dell'aprile 2006). In termini quantitativi, considerato il livello di emissioni del 2004 pari a 580,7 Mt eqCO<sub>2</sub>, l'impegno italiano per portare il livello di emissioni entro i limiti concordati con il Protocollo di Kyoto è pari ad una riduzione annua di 95,0 Mt eqCO<sub>2</sub>, generalmente definita come "distanza da Kyoto" (Fig. 1).

Nell'ambito della strategia nazionale per il rispetto dell'accordo di Kyoto ("Piano nazionale per la riduzione delle emissioni di gas responsabili dell'effetto serra 2003-2010", delibera Cipe n. 123/2002) il settore agro-forestale potrebbe concorrere al raggiungimento della "distanza da Kyoto" con un assorbimento annuo di ben 10,2 MtCO<sub>2</sub> (circa 11% del totale). Ciò sarebbe possibile grazie agli assorbimenti di carbonio derivanti da interventi di afforestazione e riforestazione, attività di gestione forestale, di gestione dei suoli agricoli e pascoli e di rivegetazione. Le eventuali misure da applicare al settore agricolo risultano essere ancora in fase di valutazione "...vista la completa assenza di dati in letteratura", come cita la stessa delibera Cipe.

In questo contesto evolutivo la presente nota riporta dei risultati dell'attività di ricerca svolta nell'ambito di alcuni Progetti che dimostrano l'enorme potenziale della frutticoltura in termini di capacità di sequestro della CO<sub>2</sub> atmosferica e, quindi, di partecipazione alla riduzione dell'impatto ambientale.

## Il bilancio del carbonio

Condizione indispensabile per l'attribuzione di un ruolo positivo ad un sistema frutteto ai fini della riduzione della CO<sub>2</sub> atmosferica è che le quantità sequestrate attraverso il processo fotosintetico (FotCO<sub>2</sub>) siano maggiori di quelle emesse dallo stesso sistema (EmCO<sub>2</sub>). Entrambe queste quantità di CO<sub>2</sub> dipendono, come vedremo, dalla tecnica colturale adottata; quindi, possiamo chiaramente attribuire alle scelte ed ai criteri di gestione del frutteto un ruolo chiave ai fini del bilancio del carbonio.

### La FotCO<sub>2</sub>

La quantità di CO<sub>2</sub> fissata dalla fotosintesi è valutabile con una certa accu-

TAB. 1 - SOSTANZA SECCA (SS) (T HA<sup>-1</sup> ANNO<sup>-1</sup>) E CORRISPONDENTE VALORE DI CO<sub>2</sub> CONTENUTA IN PIANTE DI PESCO IN PIENA PRODUZIONE (CV SPRINGCREST/GF677, 500 P HA<sup>-1</sup>, MEDIA 3 ANNI) E DI ACTINIDIA (CV HAYWARD, 494 P HA<sup>-1</sup>, MEDIA 2 ANNI). I DATI SULLE RADICI SONO STATI STIMATI CONSIDERANDO IL 30% DELLA PARTE EPIGEA ANNUALE

	Pesco		Actinidia	
	SS	CO <sub>2</sub>	SS	CO <sub>2</sub>
Frutti	3,24	5,35	5,42	8,95
Foglie	1,47	2,43	3,10	5,12
Legno dell'anno	2,44	4,03	1,33	2,20
Potatura verde	0,30	0,50	-	-
Frutti diradati	0,46	0,76	0,06	0,10
Rinnovo radici	2,40	3,96	2,9	4,79
Totale	10,31	17,03	12,81	21,16

ratezza in maniera indiretta assumendo che la quantità di carbonio presente nella sostanza secca (ss) sia il 45% in peso (Norby *et al.*, 2004) e considerando il coefficiente stechiometrico 3,67 per convertire le unità di carbonio in CO<sub>2</sub>, secondo la relazione: CO<sub>2</sub> = ss x 0,45 x 3,67.

### La fase di allevamento

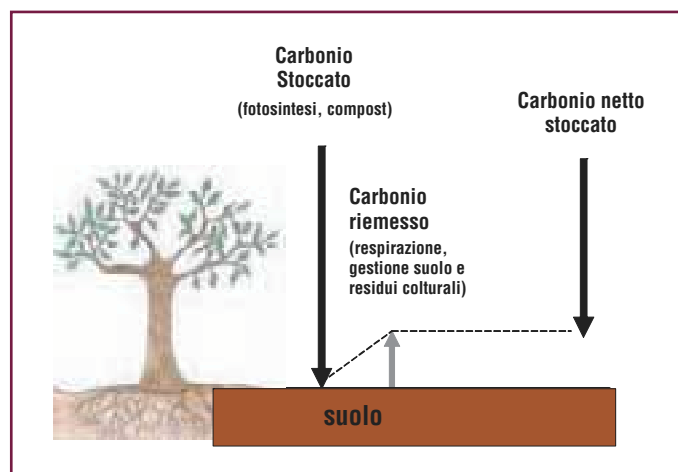
Durante i primi anni dall'impianto, i prodotti della fotosintesi della pianta (e cioè la CO<sub>2</sub> atmosferica assorbita) vengono destinati prevalentemente per la crescita strutturale della pianta stessa (branche, tronco, radici) ed in misura inferiore per gli organi annuali (foglie, frutti, rami). Durante la fase di allevamento, essendo limitati gli interventi di potatura, sono bassi i quantitativi di CO<sub>2</sub> che rientrano nel ciclo del carbonio con il legno asportato dalla potatura. In figura 3 si riportano i quantitativi annuali di CO<sub>2</sub> immagazzinati dalla parte epigea di piante di pesco durante i primi 5 anni dall'impianto. I quantitativi possono variare notevolmente a seconda della forma di allevamento e

della densità di piantagione, raggiungendo valori elevati in caso di frutteti intensivi (>1.000 piante ha<sup>-1</sup>, es. Y trasversale) (Fig. 3a). Nel corso dei primi anni di impianto notevole è anche lo sviluppo dell'apparato radicale e quindi dei quantitativi di CO<sub>2</sub> immagazzinati. Ricerche condotte in un pescheto in ambiente meridionale riportano che dal 2° al 5° anno d'impianto possano essere immagazzinate nelle strutture radicali della pianta da 7 a 11 t ha<sup>-1</sup> di CO<sub>2</sub> (Sofo *et al.*, 2005).

### La fase di piena produzione

In impianti maturi, la sostanza secca (ss) prodotta nel ciclo annuale è destinata quasi esclusivamente alla crescita di frutti, foglie e legno dell'anno; la parte di ss annuale immagazzinata *ex novo* nelle strutture permanenti risulta trascurabile. In tabella 1 si riportano i dati di sostanza secca prodotta in un anno relativamente ad un impianto di actinidia e di pesco a maturazione precoce allevati in ambiente meridionale. Complessivamente vengono prodotti 10,3 e 12,8 t ha<sup>-1</sup> anno<sup>-1</sup> di ss ri-

spettivamente per il pesco e l'actinidia. Per la produzione di queste quantità di ss le piante arboree, attraverso la fotosintesi, hanno sottratto circa 17 e 21 t ha<sup>-1</sup> di CO<sub>2</sub> dall'atmosfera. Inoltre, si noti che nel conteggio sono stati inseriti anche i frutti diradati che, sebbene non hanno alcun valore commerciale, da un punto di vista



▲ Fig. 2 - Schema dei flussi di carbonio nel sistema frutteto in entrata (carbonio stoccato) ed in uscita (carbonio riemesso).

ambientale rappresentano invece un discreto quantitativo di CO<sub>2</sub> atmosferica sequestrata.

La parte di CO<sub>2</sub> che viene fissata nell'apparato radicale viene assunta essere pari a circa il 30% di quella totale aerea; una gestione della chioma delle piante che tenda a massimizzare l'esposizione delle foglie alla luce incide positivamente sul livello fotosintetico delle foglie stesse incrementando il valore di <sup>Fot</sup>CO<sub>2</sub>.

### Il Progetto Brimet

La gestione del suolo di un frutteto è prevalentemente orientata alla minimizzazione delle competizioni idrico-minerali tra la coltura arborea e le eventuali erbe infestanti attraverso il diserbo e/o le lavorazioni, in modo particolare nel Meridione ove l'acqua risulta un fattore limitante. Recentemente, l'aumentata consapevolezza dell'urgenza del recupero della fertilità dei suoli ha favorito alcune linee di ricerca finalizzate all'ottimizzazione della gestione delle risorse naturali. Tra queste il Progetto Brimet (Pon 2000-2006, "Metodologie e sistemi integrati per la valorizzazione dei prodotti ortofrutti-coli di particolare interesse degli areali di Brindisi e Metaponto") svolto in collaborazione con l'Enea, che ha messo a confronto l'impatto ambientale delle tecniche di coltivazione usualmente adottate dall'agricoltore con quello di alcune tecniche innovative.

Il Prog. Brimet si è articolato in 4 siti (albicocco, pesco, actinidia, perche) in ognuno dei quali 1 ha di terreno è stato gestito con tecniche risparmiatrici dell'ambiente curate direttamente dal gruppo di ricerca (inerbimento, concimazioni organiche, irrigazione guidata, interrimento dei residui di potatura) e confrontato con il resto del frutteto condotto dal proprietario (lavorazioni continue, concimazioni minerali, irrigazione empirica, bruciatura dei residui di potatura).

La scelta di una tipologia di gestione del suolo improntata all'inerbimento (sebbene temporaneo in alcuni casi) piuttosto che alle lavorazioni, ha contribuito ad aumentare il valore di <sup>Fot</sup>CO<sub>2</sub> del sistema frutteto grazie alla fotosintesi del cotico erboso stesso. Ad esempio, nell'actinidieta (cv Hayward, 494 p ha<sup>-1</sup>) il cotico erboso (*Trifolium subterraneum*) ha prodotto circa 2,94 t ha<sup>-1</sup> (media 2 anni, compreso apparato radicale) di sostanza secca che corrispondono a 3,95 t ha<sup>-1</sup> di CO<sub>2</sub> (Montanaro et al.,

**TAB. 2 - CONFRONTO DEI FLUSSI DI CO<sub>2</sub> (T HA<sup>-1</sup> ANNO<sup>-1</sup>) NEL "SISTEMA ATMOSFERA(FRUTTETO" IN UN PESCHETO IN AMBIENTE MERIDIONALE (CV SUPERCRIMSON/GF677, 500 P HA<sup>-1</sup>) GESTITO SECONDO LE CONSUETE TECNICHE AZIENDALI (LAVORAZIONI CONTINUE, CONCIMI MINERALI, BRUCIATURA RESIDUI COLTURALI) E QUELLE PIÙ CONSERVATIVE INDICATE DAL PROG. BRIMET (INERBIMENTO, TRINCIATURA MATERIALE DI POTATURA, APPORTO DI COMPOST)**

	BRIMET	Aziendale
CO <sub>2</sub> sequestrata con fotosintesi*	-17,02	-13,77
CO <sub>2</sub> respirazione suolo	+12,80	+12,80
CO <sub>2</sub> contenuta nel compost**	-18,20	/
CO <sub>2</sub> bruciatura residui colturali	/	+6,03
CO <sub>2</sub> da uso di carburante	+0,80	+0,76
Flusso netto di CO <sub>2</sub>	-16,62	+5,82

\* Nel caso della tesi Brimet è inclusa la CO<sub>2</sub> sequestrata da parte del cotico erboso.  
\*\* 15 t ha<sup>-1</sup> anno<sup>-1</sup>; 75,2% SS.

2006). Nel caso del pescheto (cv Super-crimson) irrigato a goccia, nel blocco "Brimet" è stato registrato uno sviluppo di un cotico erboso spontaneo pari a circa 4,9 t ha<sup>-1</sup> all'anno in termini di CO<sub>2</sub> (Xiloyannis e Godini, 2005). Inoltre, l'inerbimento permette lo sviluppo delle radici della coltura arborea anche negli strati superficiali, molto ricchi in alcuni elementi minerali (es. calcio) facilitandone così l'assorbimento.

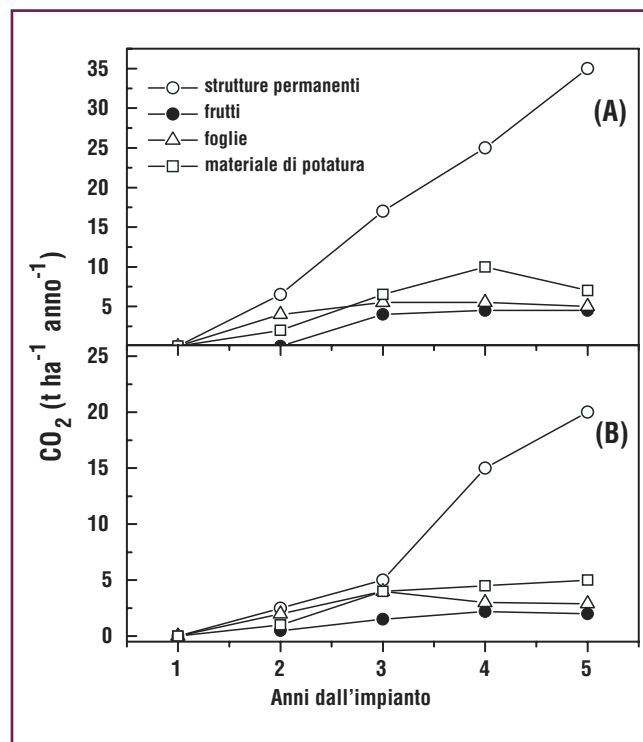
#### La <sup>Em</sup>CO<sub>2</sub>

La quantità di anidride carbonica che il sistema frutteto emette nell'atmosfera è l'elemento chiave che incide

notevolmente sul flusso netto (positivo o negativo) del carbonio nel "sistema frutteto ↔ atmosfera". Su questa incide *in primis* la gestione dei residui della potatura; qualora questi vengano bruciati (pratica molto diffusa nel Meridione) si ha un immediato ritorno nell'atmosfera della CO<sub>2</sub> fissata nel legno attraverso la fotosintesi. È necessario, quindi, spingere i frutticoltori a trinciare in campo i residui della potatura contribuendo così anche all'aumento del contenuto di carbonio nel suolo e, quindi, al miglioramento di quelle caratteristiche chimico-fisiche ad esso legate (es. capacità di ritenzione idrica,

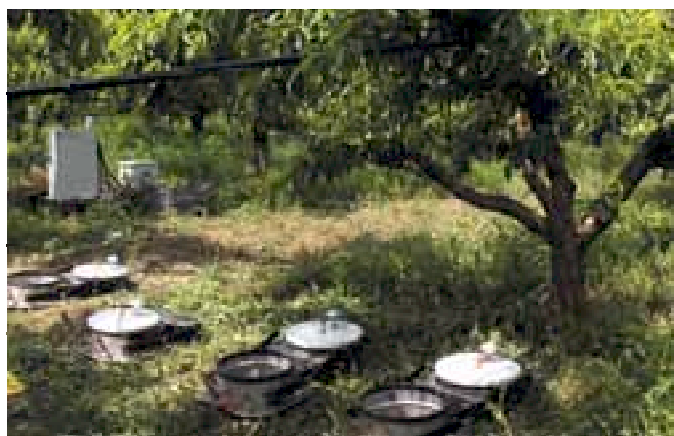
velocità di infiltrazione dell'acqua, disponibilità di nutritivi ecc.). In tabella 2 è evidenziato che la diversa gestione dei residui di potatura (bruciatura o trinciatura in campo) determina il ritorno immediato nell'atmosfera di circa il 50% della CO<sub>2</sub> originariamente sequestrata.

Notevoli quantità di CO<sub>2</sub> vengono emesse dal suolo a seguito dei processi di respirazione microbica e di ossidazione della sostanza organica. La determinazione dei flussi di CO<sub>2</sub> dal suolo verso l'atmosfera rappresenta il punto critico per la definizione del flusso netto ossia del bilancio del carbonio. Recentemente,



▲ Fig. 3 - CO<sub>2</sub> immagazzinata in diversi organi di piante di pesco (cv Springcrest) allevate ad Y trasversale (A) e vaso ritardato (B) (da Sofò et al., 2005).

grazie all'introduzione di unità mobili, è possibile effettuare in campo la misura in continuo del flusso di CO<sub>2</sub> dal suolo ottenendo così una buona stima del bilancio del carbonio nell'intero sistema. La figura 4 riporta l'unità mobile di lettura dell'emissioni di CO<sub>2</sub> che è stata messa a punto nell'ambito del Prog. Prin-2004 ("Ciclo del carbonio in sistemi pescheto in ambiente semi-arido mediterraneo") durante la misura della CO<sub>2</sub> in uno dei campi sperimentali (pesco, cv Supercrimson, Metaponto) realizzati nell'ambito del Prog. Brimet. I flussi di CO<sub>2</sub> monitorati con tale apparecchiatura vengono ripetuti ad intervalli di 2-3 ore su base giornaliera e, grazie a numerose misurazioni effettuate durante il decorso del-



▲ Fig. 4 Sistema di monitoraggio dei flussi di CO<sub>2</sub> dal suolo realizzato nell'ambito del Prog. Prin-2004 durante le misurazioni effettuate nel pescheto sperimentale (Prog. Brimet). Sullo sfondo l'unità di lettura dei flussi del gas e di acquisizione dati. In primo piano 4 delle 16 camere collocate al suolo; la seconda da sinistra (chiusa) è nella fase di invio dell'aria da analizzare all'unità centrale (foto: A. Mossuto).

l'anno, vengono opportunamente convertiti in quantità annuali di CO<sub>2</sub> emesse nell'atmosfera. I risultati preliminari delle sperimentazioni condotte nel Metapontino evidenziano che ogni anno da un pescheto vengono emesse circa 12,8 t ha<sup>-1</sup> di CO<sub>2</sub>. Su base annuale non si sono registrate differenze significative tra diverse tipologie di gestione del suolo (lavorato + concimazioni minerali e inerbito + concimazioni organiche) probabilmente perché il sito inerbito si trovava ancora nella fase di transizione da una tipologia di gestione all'altra.

Le attività svolte consentono a questo punto di stimare il flusso netto di CO<sub>2</sub> (Tab. 2) dall'atmosfera al sistema-frutteto sebbene non vengano considerate le quantità di ss legate all'emissione di essudati e decadimento radicale. Tale flusso è risultato negativo nel sistema "Brimet" indicando che tutte le iniziative adottate hanno determinato una riduzione del pool di CO<sub>2</sub> atmosferica. Considerando che le emissioni legate all'uso dei carburanti necessari all'ese-



▲ Fig. 5 I residui di potatura bruciati determinano un ritorno immediato nell'atmosfera della CO<sub>2</sub> sequestrata nel legno attraverso la fotosintesi. Questa pratica contribuisce massicciamente all'aumento delle emissioni da parte del frutteto (foto: A. Mossuto).

cuzione delle varie operazioni colturali (lavorazioni, trinciatura del cotico erboso e del materiale di potatura, trattamenti antiparassitari, raccolta) sono risultati pressoché equivalenti nei due sistemi, la tabella 2 evidenzia che la modalità di gestione dei residui colturali e l'eventuale uso del compost condizionano notevolmente il flusso netto di CO<sub>2</sub> del frutteto. Infatti, tale flusso è risultato positivo (cioè un aumento delle emissioni di CO<sub>2</sub> nell'atmosfera) nel sito gestito con criteri tradizionali.

Inoltre, si osserva che il mantenimento di un cotico erboso spontaneo ha incrementato di circa il 20% la quantità di CO<sub>2</sub> atmosferica sequestrata con la fotosintesi dal sistema-frutteto. Essendo il sistema Brimet ancora nella fase di transizione ci si attende che le emissioni di CO<sub>2</sub> dal suolo aumentino a seguito dell'aumento dell'attività microbica e dello stock di carbonio nel suolo, ma in ogni caso il flusso netto dovrebbe rimanere negativo.

L'esempio di bilancio dei flussi così

effettuato è relativo ad un frutteto maturo, per il quale si considerano trascurabili gli incrementi di sostanza secca a carico della struttura permanente (tronco, branche principali, porzione strutturale dell'apparato radicale). Tuttavia, nel corso della fase di allevamento, cioè quando la suddetta struttura è costruita, sono notevoli i quantitativi di ss (e quindi di CO<sub>2</sub> atmosferica sequestrata) impiegati in questa "costruzione". Da stime effettuate, la biomassa relativa alla struttura di un pescheto maturo (inclusa la parte ipogea) corrisponde a circa 35 t ha<sup>-1</sup> di CO<sub>2</sub> (Fig. 3).

Dai dati qui presentati e considerate le superfici frutticole italiane (melo, pero, pesco e nettarine, agrumi, albicocco) di circa 303.000 ha (Istat, 2004), assumendo un flusso di CO<sub>2</sub> simile lungo tutta l'Italia e se non si considerano i quantitativi legati al compost, è presto calcolato che il settore frutticolo potrebbe determinare un sequestro annuo di CO<sub>2</sub> atmosferica, al netto delle emissioni dal suolo, pari a 1 Mt CO<sub>2</sub>.

Tra gli obiettivi del Prog. Brimet era inclusa anche la gestione razionale dell'irrigazione. Questa è stata effettuata calcolando gli apporti irrigui sulla base dei dati di evaporato, di appropriati coefficienti colturali ed applicando lo stress idrico controllato riportato da Dichio *et al.* (2004). Nei 4 anni del Progetto, nelle tesi "Brimet" dei siti pesco ed albicocco, è stato conseguito un risparmio idrico medio di circa 1.500 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> all'anno. Oltre ad una razionalizzazione dell'uso dell'acqua irrigua, nei casi in cui è richiesta energia per la messa in condotta dell'acqua (pompaggio), e considerando una emissione di 0,25 kg CO<sub>2</sub> per m<sup>3</sup> di acqua pompata (Lal, 2004), il risparmio di acqua ottenuto significherebbe anche minori emissioni per circa 375 kg di CO<sub>2</sub>.

Le tipologie di gestione dei frutteti confrontate durante il Prog. Brimet sono state valutate anche da un punto di vista economico. Da una analisi preliminare è risultato che la gestione sostenibile attuata nei frutteti Brimet è economicamente più vantaggiosa rispetto a quella convenzionale; una ragione in più per avvicinare gli agricoltori verso modelli frutticoli di tipo polifunzionale.

### Il ruolo del compost

Un'ulteriore considerazione sul possibile ruolo dei suoli agrari in termini di "sink" deriva dalla tipologia di concimazione. In molti areali frutticoli si privilegia la concimazione minerale,

mentre è possibile coltivare i frutteti utilizzando il compost ed intervenendo solo in caso di effettiva necessità con concimazioni minerali (azoto). Il carbonio contenuto nel compost di qualità controllata/certificata non è strettamente attribuibile al sistema-frutteto in quanto si tratta di CO<sub>2</sub> fissata in altri processi biologico-produttivi. Tuttavia, questo carbonio può essere stoccato nei suoli agrari ove, tra l'altro, induce un miglioramento delle caratteristiche fisico-chimiche. Dall'esperienza del Prog. Brimet è stato visto che apporti di 15 t ha<sup>-1</sup> di compost (C/N = 17) possono garantire un adeguato livello di nitrati nel suolo (>15-20 ppm) durante l'intera stagione vegetativa. Tuttavia, alla ripresa del ciclo annuale (marzo-aprile), a causa del basso tasso di mineralizzazione e della forte competizione con il cotico erboso, è stato necessario somministrare in 3 interventi circa 20 kg ha<sup>-1</sup> di azoto minerale al fine di mantenere adeguato il livello dei nitrati nel terreno. Alla luce di tutto ciò, se in tutti i frutteti italiani (303.000 ha) venisse impiegato il compost a dosi simili a quelle indicate e considerato un flusso annuo medio di -16,62 t ha<sup>-1</sup> di CO<sub>2</sub> (Tab. 2) si potrebbero stoccare nel suolo fino a 5 Mt CO<sub>2</sub>.

La rapida diffusione della concimazione con compost in agricoltura è attualmente ostacolata, in alcune regioni dell'Italia meridionale, dalla scarsa diffusione della raccolta differenziata. Il compost usato nel corso del Prog. Brimet proveniva dal Veneto. Investire nel settore della raccolta differenziata ed incentivare la nascita di impianti di compostaggio ridurrebbe le emissioni dovute alle procedure classiche di smaltimento (es. incenerimento). Inoltre l'uso diffuso del compost ridurrebbe quello di concimi minerali e quindi le emissioni legate ai processi industriali per la loro produzione.

### Il Registro nazionale dei serbatoi di carbonio agroforestali

La capacità dei sistemi frutticoli a contribuire al sequestro della CO<sub>2</sub> atmosferica in un'ottica di gestione polifunzionale dei frutteti può costituire anche una risorsa economica per le singole aziende. La strategia dell'Italia per il rispetto delle emissioni concordate nel Protocollo di Kyoto prevede, tra l'altro, la promozione (attraverso incentivazione economica) di modalità di gestione del patrimonio agroforestale in grado di contribuire alla riduzione delle emissio-

ni. In attuazione della delibera Cipe n. 123/2002 è prevista l'istituzione del Registro nazionale dei serbatoi di carbonio agroforestali (Rnsca) che avrà la funzione di certificare le quantità di carbonio assorbite dai sistemi agrari e forestali italiani sulla base della contabilizzazione delle variazioni del contenuto di carbonio nelle suddette tipologie di sistemi. La certificazione prevede l'attribuzione di un valore remunerabile (credito) alle quantità di carbonio assorbito dall'atmosfera. Per il periodo 2003-2012 la stessa delibera e per il solo settore "Agricoltura e pascoli" ha stimato un costo di 4 milioni di euro per la generazione di crediti di carbonio. I singoli agricoltori potranno aderire al Rnsca e candidare la propria attività polifunzionale alla generazione di crediti di carbonio differenziando così le proprie fonti di reddito.

### Conclusioni

In conclusione, l'avanzamento delle conoscenze scientifiche relative ai flussi di carbonio nel frutteto estende e rafforza il concetto di agricoltura polifunzionale ossia di un'agricoltura attenta non solo agli aspetti produttivi, ma anche a quelli di salvaguardia ambientale. Finora, le iniziative per l'aumento del carbonio nel suolo sono state viste solo in funzione dei benefici agronomici che ne derivano. Oggi è evidente la necessità di riconsiderare questo concetto anche in relazione all'obiettivo di riduzione della CO<sub>2</sub> atmosferica. Il ruolo polifunzionale dei sistemi frutticoli rappresenta il futuro (ormai prossimo) con cui confrontarsi e riteniamo meriti maggior attenzione di quella che finora gli è stata attribuita da parte della maggioranza delle organizzazioni dei produttori, anche alla luce della remunerabilità dei crediti di carbonio che potrebbe risvegliare l'etica sociale ed ambientale dell'intera comunità agricola. ■

### RINGRAZIAMENTI

Si ringrazia il sig. A. Mossuto (Soc. Coop. Naturalinformatica) per il prezioso supporto tecnico fornito nell'ambito dei suddetti progetti.

### RIASSUNTO

Il recupero della fertilità dei suoli attraverso l'aumento del suo contenuto di carbonio significa anche contribuire alla riduzione della CO<sub>2</sub> atmosferica. Si riportano i quantitativi di CO<sub>2</sub> immagazzinata nel suolo in impianti di pesco ed actinidia, inoltre mediante misure di respirazione del suolo vengono stimati i flussi netti di CO<sub>2</sub> nel sistema atmosfera-frutteto. I risultati dimostrano che una gestione sostenibile del suolo (inerbimento, non-lavorazione, apporto di compost, trinciatura materiale di potatura, stress idrico controllato) determi-

na un bilancio dei flussi di CO<sub>2</sub> negativo (circa -17 t ha<sup>-1</sup> anno<sup>-1</sup>) cioè la quantità emessa nell'atmosfera (respirazione) è minore di quella immagazzinata nel suolo. Mentre in un sistema convenzionale (lavorazione del suolo, concimazione minerale, allontanamento dei residui di potatura) tale flusso è stato positivo (circa +6 t ha<sup>-1</sup> anno<sup>-1</sup>) contribuendo cioè ad emettere CO<sub>2</sub>. Emerge che la gestione dei frutteti in un'ottica polifunzionale (cioè di salvaguardia ambientale oltre che di produzione agricola) potrebbe rientrare in quelle azioni governative per l'attuazione del Protocollo di Kyoto rappresentando una forma di diversificazione del reddito per i frutticoltori.

### SUMMARY

Soil fertility remediation through increasing its carbon content may contribute to sequester atmospheric CO<sub>2</sub>. We report data on CO<sub>2</sub> stored into soil by peach and kiwifruit orchards, in addition CO<sub>2</sub> fluxes between orchard and atmosphere are presented. Results show that a sustainable soil management (cover crop, no-tillage, compost application, mulching of pruning residues, regulated deficit irrigation) determines CO<sub>2</sub> fluxes balance to be negative (about -17 t ha<sup>-1</sup> year<sup>-1</sup>) because emissions are lower than stored CO<sub>2</sub>. While in a conventionally managed orchard such a flux was positive (about +6 t ha<sup>-1</sup> year<sup>-1</sup>) because emissions were higher than stored CO<sub>2</sub>. It emerges that sustainable management of fruit orchard could well be included within government's actions to execute Kyoto Agreement being gainfully for the growers.

### BIBLIOGRAFIA

- Barton D.R., Farmer M.E.D. (1997) - The effects of conservation tillage practices on benthic invertebrate communities in headwater streams in southwestern Ontario, Canada. *Environ. Pollution*, 96(2), 207-215.
- Buck O., Niyogi D.K., Townsend C.R. (2004) - Scale-dependence of land use effects on water quality of streams in agricultural catchments. *Environmental Pollution*, 130, 287-299.
- Curtis B.C., Rajaram S., Gómez Macpherson H. (Eds.) (2002) - *Bread Wheat. Improvement and Production*. Fao Plant Production and Protection Series.
- Dichio B., Xiloyannis C., Nuzzo V., Montanaro G., Palese A.M. (2004) - Postharvest regulated deficit irrigation in peach tree in a Mediterranean environment: effect on vegetative growth and yield. *Acta Horticulturae*, 664, 169-174.
- Kirchmann H., Thorvaldsson G. (2000) - Challenging targets for future agriculture. *European Journal of Agronomy*, 12, 145-161.
- Lal R. (2004) - Carbon emission from farm operations. *Environment International*, 30, 981-990.
- Montanaro G., Xiloyannis C., Dichio B., Celano G. (2006) - Sustainable Kiwifruit Orchard Management in Semi-arid Environments. *Acta Horticulturae*, 753: 591-598.
- Norby R.J., Ledford J., Reilly C.D., Miller N.E., O'Neill E.G. (2004) - Fine-root production dominates response of a deciduous forest to atmospheric CO<sub>2</sub> enrichment. *Proc. Nat. Acad. Sci., Usa* 101(26), 9689-9693.
- Sherwood S., Uphoff N. (2000) - Soil health: research, practice and policy for a more regenerative agriculture. *Applied Soil Ecology*, 15, 85-97.
- Sofa A., Nuzzo V., Palese A.M., Xiloyannis C., Celano G., Zukowskyj P., Dichio B. (2005) - Net CO<sub>2</sub> storage in Mediterranean olive and peach orchards. *Scientia Hort.*, 107, 17-24.
- Xiloyannis C., Godini A. (2005) - *Gestione del pescheto per produzioni precoci e tardive*. Atti V Convegno Nazionale sulla Peschicoltura Meridionale, Locorotondo 29-30 settembre, 29-41.