

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 (- 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'impovertimento dei suoli, l'inquinamento delle falde acquifere e l'emissione di CO<sub>2</sub>. 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 CO<sub>2eq</sub> 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<sub>2</sub>, ossia circa il 50% delle emissioni antropiche totali annue di CO<sub>2</sub> 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 CO<sub>2</sub> 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’utente 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:

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

dove  $ET_C$  = evapotraspirazione colturale;  $PU$  = 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.

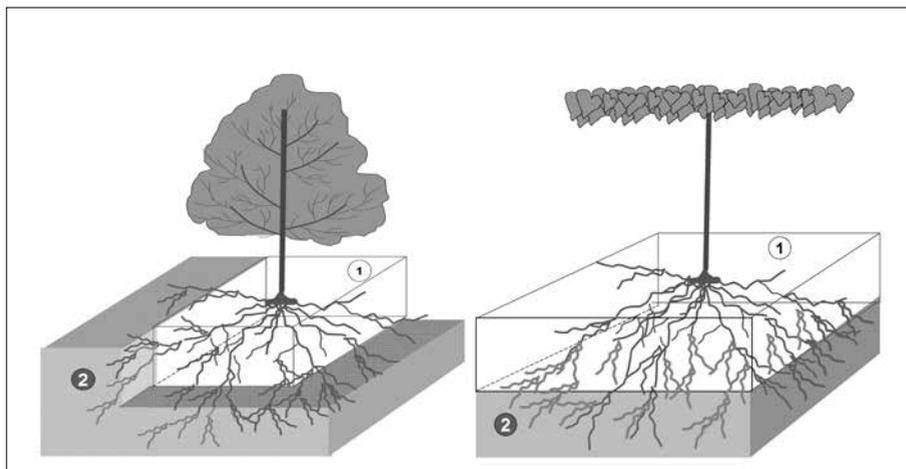


Fig. 2 Rappresentazione schematica dei contenitori 1 e 2 in frutteti con irrigazione localizzata (sinistra) o che bagna l'intera superficie del suolo (destra) (tratto da Xiloyannis et al., 2012)

#### 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)<sup>1</sup> (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

<sup>1</sup> 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-

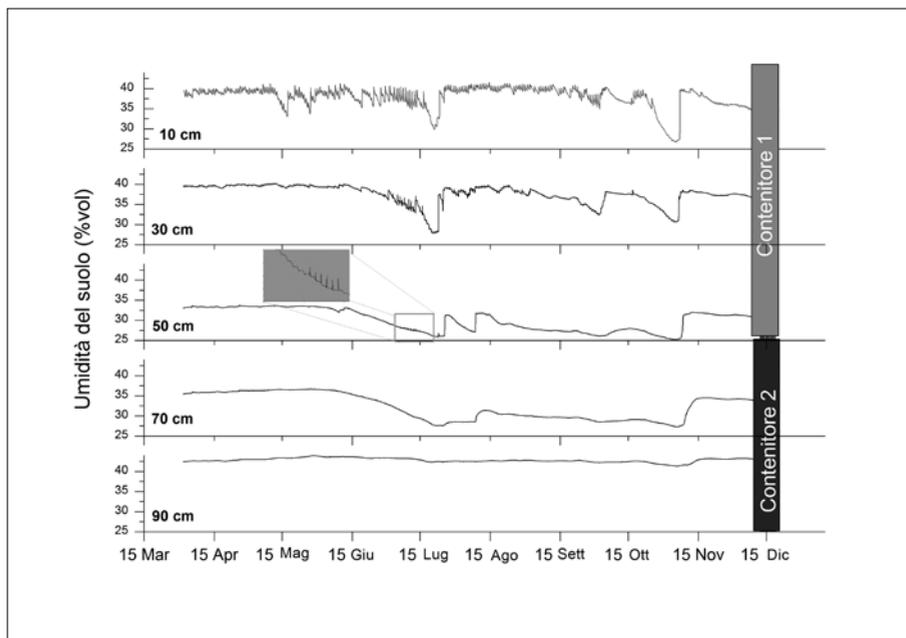


Fig. 3 Andamento dell'umidità del suolo a varie profondità in impianto di actinidia (cv Hayward in piena produzione) nel Metapontino eseguite nell'ambito del progetto OTIROL. Si noti che lo strato profondo a 90 cm non è stato influenzato ne dalle irrigazioni ne dagli assorbimenti, lo strato profondo 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 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>). 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 antogena, 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 <sup>3</sup> ha-1	Gruppo 2	Gruppo 3	Gruppo 4	Gruppo 5	Gruppo 6
ETC Pre-invaiaatura	0,5	684,7	1009,3	1386	1803,5	2238,7	3016,7
ETC Invaiaatura –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 culturale ( $ET_c$ ) ( $m^3 ha^{-1}$ ) determinati per 6 gruppi di varietà di pesco in Italia Meridionale (Calabria). Gruppo 1 raccolta 15 maggio; Gruppo 6 raccolta fine settembre (dati OP-SIBART)

	Velocità infiltrazione verticale (mm al giorno)	% macroporosità	m <sup>3</sup> /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 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>. 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 pacciante del materiale sfalciato 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<sup>-1</sup> 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 CO<sub>2</sub> 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 CO<sub>2</sub>.

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 (CO<sub>2</sub>) 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 CO<sub>2</sub> 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 CO<sub>2</sub> 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 <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )	POTASSIO (% K <sub>2</sub> O)
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 Sofò 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 patata) 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<sub>2</sub> 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<sup>-1</sup> 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 processo di mineralizzazione e/o elevato assorbimento delle piante (incluso il cotico erboso).

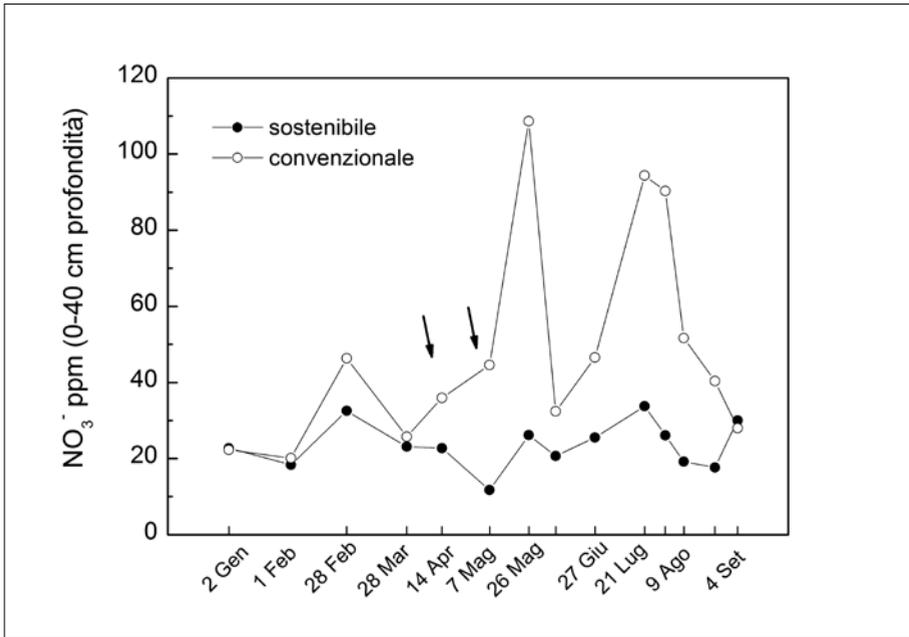


Fig. 7 Andamento dei nitrati in un suolo gestito secondo tecniche sostenibili (inerbimento, applicazioni di compost, legno della potatura trinciato) a confronto con uno gestito in modo convenzionale (lavorazioni, uso di concimi minerali, bruciatura residui di potatura). Si noti come il livello dei nitrati è piuttosto stabile durante la stagione nella gestione "sostenibile" a significare un certo equilibrio tra assorbimento e rilascio di  $\text{NO}_3^-$  mentre nel caso del suolo gestito in modo convenzionale si può incorrere in picchi di disponibilità elevate di nitrati. La freccia indica l'intervento fertirriguo (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 <sub>2</sub> / t		t ha <sup>-1</sup>	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 CO<sub>2</sub> 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<sub>2eq</sub>) 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<sub>2eq</sub> 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 CO<sub>2</sub> per tonnellata di frutta prodotta. Questo significa che il frutteto è in grado di essere un Sink e pertanto intercettare CO<sub>2</sub> dall'atmosfera e stoccarlo nelle strutture vegetali e nel suolo. I sistemi convenzionali emettono CO<sub>2</sub> 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 CO<sub>2</sub> 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 CO<sub>2</sub> (*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., ALLILLA R., BELTRANO M.C., DAL MONTE G., DI GIUSEPPE E., IAFRATE L., LIBERTÀ A., PARISSÉ 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](http://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](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 BATTI 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.

