

IRRIGAZIONE E CONCIMAZIONE DELL'ACTINIDIA

Cristos Xiloyannis, Giuseppe Montanaro

Dipartimento di Produzione Vegetale
Università degli Studi della Basilicata
85100 Potenza, Italy – xiloyannis@unibas.it

TECNICA DELL'IRRIGAZIONE

Tra tutte le specie arboree da frutto, l'actinidia è la più sensibile alle variazioni del contenuto idrico del suolo. Per ottenere elevate produzioni, sia dal punto di vista qualitativo sia quantitativo, è necessario, quindi, assicurare in tutto il volume di suolo esplorato dalle radici un contenuto idrico costante ed adeguato (prossimo alla capacità idrica di campo). Pertanto, l'utilizzo di metodi irrigui localizzati (goccia, subirrigazione) è sconsigliato, in particolar modo nelle aree con elevato deficit idrico ambientale.

La gestione di questa pratica irrigua è resa ancor più difficile dalla sensibilità dell'actinidia ai ristagni idrici e dalla suscettibilità agli attacchi fungini (*Rhizoctonia solani*, *Armillaria mellea*, *Phytophthora* spp.); inoltre l'actinidia può facilmente passare da una condizione di stress per carenza ad una per eccesso di acqua a seguito di variazioni anche minime del contenuto idrico nel suolo.

IL METODO IRRIGUO

L'actinidia essendo una pianta molto sensibile alla elevata domanda evaporativa dell'ambiente (in particolare alla bassa umidità relativa ed all'elevata temperatura dell'aria) ed alle variazioni del contenuto idrico del suolo, è necessario mantenere l'intero apparato radicale in condizioni di umidità ottimale; non sono consigliabili, di conseguenza, l'irrigazione a goccia o la subirrigazione. Infatti, ai metodi irrigui con elevata efficienza idrica, in grado di ridurre le perdite per evaporazione, sono da preferire quelli in grado di bagnare tutto il suolo esplorato dalle radici (es. microjet) con un raggio di bagnatura variabile in relazione all'età della pianta. Un parametro da considerare al momento della scelta e della progettazione del metodo irriguo, è l'utilizzo dell'impianto irriguo come difesa dagli abbassamenti termici primaverili ed autunnali

L'AMBIENTE PEDO-CLIMATICO

Alla conoscenza delle caratteristiche pedoclimatiche della zona, una gestione razionale del metodo irriguo necessita anche le conoscenze relative alle interazioni tra il sistema suolo-pianta-atmosfera e l'intervento antropico nella gestione del suolo e della chioma.

Il suolo

Le caratteristiche idrologiche del suolo, il profilo, la profondità, e la velocità di infiltrazione devono essere conosciuti sia per la progettazione dell'impianto e per la sua corretta gestione. La capacità di immagazzinamento idrico dei suoli varia moltissimo in relazione alla loro composizione fisico-meccanica (Tab. 1). La velocità di infiltrazione,

oltre che dai parametri fisico-meccanici, dipende anche dal contenuto in sostanza organica e dal tipo di gestione del suolo (Tab. 1). La conoscenza dei suddetti parametri è necessaria per la determinazione della portata degli erogatori, ma anche per stabilire turni e volumi di adacquamento, oltre che per definire importanti caratteristiche idrologiche (capacità di immagazzinamento idrico dalle piogge, drenaggio, eventuale accumulo di sali nei vari strati del suolo, ecc.).

L'ambiente climatico

Al consumo idrico di una coltura concorrono la traspirazione dai vari organi della pianta e l'evaporazione dal suolo. I fattori climatici più importanti che agiscono sulla traspirazione (stomatica e cuticolare) e sull'evaporazione sono: luce, temperatura ed umidità relativa dell'aria, vento, acqua disponibile nel suolo, ecc.). Tra i vari parametri utilizzati per la caratterizzazione di un determinato ambiente da un punto di vista climatico, quello maggiormente utilizzato è l'evapotraspirazione di riferimento (ET_o). Numerosi sono i metodi di stima della ET_o, che si diversificano per i parametri richiesti e per la precisione che offrono rispetto ai valori di ET_o misurati con il lisimetro (Tab. 2). Gli apporti irrigui vengono stimati considerando l'evapotraspirazione di riferimento i coefficienti colturali (k_c) e quelli di copertura del suolo (k_r) da parte della chioma, l'efficienza del metodo irriguo e le piogge utili secondo la seguente equazione:

Apporti irrigui: (ET_o * k_c * k_r * efficienza metodo)- Piogge utili

CARATTERISTICHE DELLA PIANTA

Per la progettazione e la gestione razionale del metodo irriguo, oltre alle caratteristiche pedoclimatiche della zona, è necessario conoscere le modalità di sviluppo della porzione epigea ed ipogea della pianta e la sua sensibilità agli stress climatici (carenza-eccesso idrico, elevate temperature e bassa umidità relativa dell'aria, ecc.).

Sviluppo dell'area fogliare

L'evoluzione dell'area fogliare negli anni e durante il ciclo annuale rappresenta il principale fattore che, unitamente alla ET_o, determina le necessità idriche della coltura ed incide sul rapporto *acqua evaporata : acqua traspirata*. Il coefficiente colturale (K_c) che si applica alla ET_o varia durante il ciclo annuale in relazione allo stadio di sviluppo della pianta. Per impianti in piena produzione sono stati stimati valori di K_c variabili da 0,4 a 1,4 durante il decorso della stagione irrigua (Fig. 1). Sono valori molto indicativi che necessitano di appropriate verifiche e "precisazioni" nei singoli areali di coltivazione dell'actinidia. Inoltre, la puntuale definizione dei volumi irrigui negli impianti giovani è di difficile ottenimento, vista l'attuale carenza di dati relativi al grado di copertura del suolo da parte della chioma. I fattori che regolano lo sviluppo dell'area fogliare durante i primi anni dell'impianto sono legati alla qualità del materiale vivaistico, alla forma di allevamento, alla densità di piantagione, alla tecnica colturale, alla fertilità del suolo ed alle caratteristiche ambientali (Fig. 2). L'area fogliare varia notevolmente nei primi 4-5 anni dall'impianto raggiungendo al 5°- 6° anno il valore massimo del LAI, valore simile a quello rilevato su altre specie arboree da frutto (Tab. 3). In piante in piena produzione l'accrescimento dei germogli e dell'area fogliare è limitato nei primi giorni dal germogliamento; dal 26° all'80° giorno dopo il germogliamento si passa da circa 2.000

$\text{m}^2 \text{ ha}^{-1}$ a circa $20.000 \text{ m}^2 \text{ ha}^{-1}$ di foglie. Nelle settimane successive l'incremento di area fogliare è molto limitato e lo sviluppo viene completato dopo circa 120 giorni dal germogliamento (Fig. 3).

Nelle prime fasi di sviluppo dell'area fogliare i consumi idrici sono contenuti, per effetto sia della limitata superficie traspirante sia della bassa evapotraspirazione di riferimento. In tale periodo, però, il basso grado di copertura del suolo da parte della chioma comporta un aumento dei consumi di acqua per evaporazione, la cui entità è in funzione del contenuto idrico del suolo (Fig. 4). Con l'accrescimento dell'area fogliare e della ETo si ha un aumento dei consumi idrici totali, ma con una riduzione della quota dovuta all'evaporazione ed in modo particolare per gli impianti allevati a tendone.

Architettura della chioma ed efficienza dell'uso dell'acqua

Per efficienza dell'uso dell'acqua si intende il rapporto tra la quantità di anidride carbonica organicata con la fotosintesi e quella di acqua traspirata. 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 stomatica e cuticolare delle foglie. L'acqua traspirata dai frutti rappresenta una minima parte di quella totale (Figg. 5 e 6), ma l'attività traspirativa dei frutti contribuisce ad aumentare quella delle foglie di circa il 5-15%. Per l'elaborazione degli zuccheri la pianta deve assorbire la CO_2 dall'atmosfera attraverso le aperture stomatiche, è necessario, quindi, che tali vie siano libere. Durante le ore di luce del giorno, l'attività traspirativa è regolata prevalentemente dalla domanda evapotraspirativa dell'ambiente e secondariamente dalla luce; per l'attività fotosintetica il fattore limitante è la radiazione. Le foglie che ricevono luce a sufficienza per raggiungere il livello massimo di fotosintesi ($800\text{-}1.000 \mu\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ PPF) presentano un livello di traspirazione circa doppio di quello delle foglie ombreggiate ($< 20\%$ PPF disponibile) ciò nonostante si caratterizzano per un'efficienza dell'uso dell'acqua circa 10 volte maggiore a quella delle foglie ombreggiate. Ad esempio: 1.000 litri di acqua traspirata dalle foglie esposte alla luce contribuiscono a produrre circa 3 kg di carbonio, mentre le foglie ombreggiate producono appena 0,3 kg di carbonio, tra l'altro questo è un quantitativo insufficiente a pareggiare il quantitativo di carbonio consumato durante la respirazione notturna. La parte della chioma che riceve meno del 20% della radiazione disponibile non costituisce, quindi, un centro di produzione di assimilati per il frutteto (*source*), bensì un ulteriore centro di assorbimento (*sink*), inoltre, tale parte della chioma consuma notevoli quantitativi di acqua (fino al 30% del consumo idrico totale nel caso di un actinidiato allevato a tendone).

Nella scelta della forma di allevamento, quindi, bisogna tenere in debita considerazione l'efficienza dell'uso della risorsa idrica, efficienza che aumenta con l'aumentare del rapporto *foglie esposte* : *foglie ombreggiate*. Tale aumento può essere ottenuto adottando quelle forme di allevamento che consentono di massimizzare la quota di foglie esposte, riducendo al minimo gli ombreggiamenti ed attraverso le operazioni di potatura verde (Tab.4).

L'importanza di avere la maggior quota possibile di foglie esposte, ossia foglie con elevata attività traspirativa, è dovuta anche ad una ragione di tipo nutrizionale (Fig. 6). È noto infatti che il maggior *driving-force* del flusso xilematico è proprio la traspirazione; attraverso il flusso xilematico vengono trasportati quegli elementi minerali poco mobili all'interno della pianta che, come il calcio, hanno un'importanza notevole ai fini del raggiungimento di un'elevato standard quali-quantitativo delle produzioni.

Caratteristiche dell'apparato radicale

La conoscenza dell'evoluzione negli anni del volume di suolo esplorato dalle radici, della densità e conformazione dell'apparato radicale, risulta indispensabile per la scelta del metodo irriguo e della sua gestione. Dal volume di terreno esplorato dalle radici e dalle sue caratteristiche idrologiche dipendono sia la riserva idrica utile che quella facilmente utilizzabile dalle piante.

Il volume di terreno interessato dalle radici dell'actinidia nei primi 4 anni dall'impianto è molto limitato se confrontato con quello del pesco coltivato nelle stesse condizioni pedoclimatiche (Tab. 5). Marcate differenze esistono tra i valori del rapporto riserva facilmente utilizzabile ed area fogliare, infatti, nell'actinidia ad ogni m² di foglie corrispondono mediamente 3 litri di acqua, mentre nel pesco la disponibilità idrica per m² raggiunge 16 litri e nell'olivo 340 litri al m². Tali differenze dal punto di vista pratico incidono su volumi e turni di adacquamento (Tab. 6).

Dalla densità radicale dipende la distanza che deve percorrere l'acqua nel suolo per raggiungere la radice e di conseguenza il gradiente di potenziale idrico e la concentrazione dei vari elementi minerali nello spazio di suolo tra una radice e l'altra. In condizioni idriche ottimali l'utilizzazione delle risorse idriche e minerali, contenute nel volume di suolo esplorato dalle radici, è migliore nelle specie con apparato radicale ad elevata densità. Nell'actinidia tale densità è superiore nei confronti delle altre specie arboree da frutto (Xiloyannis *et al.*, 1993).

I dati relativi all'apparato radicale mettono in evidenza che quello dell'actinidia tende a colonizzare più lentamente, ma molto più efficacemente, il terreno a disposizione, predisponendosi per uno sfruttamento più efficace delle disponibilità idriche e minerali del limitato volume di suolo esplorato. Nello stesso tempo però tale specie risulta molto vulnerabile alla carenza idrica e nutrizionale se non si adotta una corretta tecnica di distribuzione dell'acqua e dei concimi, in particolare nei primi anni d'impianto.

Caratteristiche del sistema conduttore

Lo xilema dell'actinidia si presenta come un anello poroso. Pochi vasi (circa 20-30 mm⁻²) con diametro che varia da 150 a 200 μm mentre le drupacee, pomacee e l'olivo sono caratterizzate da numerosi (75-100 mm⁻²) e piccoli vasi conduttori (30-50 μm), (Xiloyannis *et al.*, 1993).

I vasi hanno pareti laterali punteggiate le cui perforazioni sono controllate da membrane, mentre le pareti trasversali dei vasi sono perforate cioè non presentano alcuna membrana di separazione.

Oltre alle dimensioni dei vasi è importante conoscere il tipo di comunicazione tra i vari elementi che compongono ogni vaso (Foto 2).

Nell'actinidia le placche sono scalariformi (18%), reticolate (2%), di tipo semplice (71%) oppure una combinazione dei vari tipi (8%), mentre gli elementi vascolari non perforati sono molto rari (<1%) (Condon, 1992). La presenza di elementi del vaso con pareti trasversali perforate facilita il movimento dell'acqua tra un elemento e l'altro, aumentando il flusso xilematico in quanto le resistenze che l'acqua incontra nel suo percorso assiale sono molto limitate. La conduttività è più elevata negli anelli di crescita più esterni, probabilmente a causa della presenza di vasi con diametro maggiore in questa regione.

Alla diversa esposizione al sole del ceppo durante il giorno è associato il movimento radiale dell'acqua. A questo movimento contribuiscono i larghi e continui

raggi parenchimatici del fusto. Un flusso è possibile anche attraverso il lume e le punteggiature delle altre cellule, ma questo è soggetto ad essere più irregolare del trasporto effettuato dai raggi.

Il tipo del sistema conduttore dell'actinidia, mentre risulta molto efficiente nel trasporto in condizioni idriche ottimali, risulterebbe però più sensibile ai danni per effetto dell'embolismo in condizioni di carenza idrica. L'elevata pressione radicale potrebbe però contribuire a contenere i danni provocati dall'embolismo indotto dalla carenza idrica, dalla potatura o dagli stress abiotici.

Relazioni idriche

In condizioni idriche ottimali le caratteristiche del sistema conduttore, il rapporto *radici/foglie*, le resistenze che incontra l'acqua a livello radicale e la domanda evaporativa dell'ambiente sono i principali fattori che controllano la quantità e la velocità del rifornimento idrico delle foglie. L'actinidia presenta oscillazioni diurne del potenziale idrico fogliare molto contenute ed un gradiente di potenziale tra foglie e radici molto limitato, ne consegue uno scarso utilizzo delle risorse idriche del suolo (Xiloyannis *et al.*, 1997) (Fig. 7). L'efficiente sistema conduttore le permette di trasferire, nell'intervallo di tempo alba-ore 14:00, circa il 92% della quantità di acqua consumata nello stesso intervallo. I vari tessuti cedono quindi dalle loro riserve quantitativi minimi di acqua, mantenendo così elevato il loro contenuto idrico (Tab. 7).

L'actinidia presenta i primi sintomi di carenza idrica a valori di potenziali idrici del suolo di $-0,04$ MPa, in corrispondenza dei quali si osserva una notevole riduzione della conduttanza stomatica consentendo così di conservare le riserve idriche dei tessuti (pianta di tipo conservativo).

Le foglie di actinidia, nel periodo che può intercorrere tra lo stato idrico ottimale del suolo e la massima carenza idrica che la stessa pianta sopporta, possono cedere al flusso traspirativo circa il 9-10% delle loro riserve mentre le foglie di olivo nelle stesse condizioni riescono a cedere fino al 40%.

La pronta risposta degli stomi alle variazioni sia dell'umidità del terreno che del deficit di pressione di vapore, se da una parte permette ai vari tessuti di conservare elevati quantitativi di acqua, dall'altra viene a mancare il benefico effetto climatizzante della traspirazione. Si ha quindi un aumento della temperatura dei vari organi, che talvolta può causare un parziale o totale disseccamento del lembo fogliare. Inoltre, tale limitazione stomatica si ripercuote negativamente sul bilancio giornaliero del carbonio, con gravi conseguenze sulla crescita sia del frutto che dell'area fogliare (Tab. 8).

GESTIONE DEL METODO IRRIGUO

L'actinidia manifesta i primi sintomi dello stress idrico in corrispondenza del potenziale idrico del suolo di circa $-0,04$ MPa. L'inizio degli interventi irrigui può essere stabilito considerando la riserva utile del terreno esplorato dalle radici, il fabbisogno idrico delle piante e la piovosità.

La riserva idrica utile varia in relazione alla costituzione fisico-meccanica del terreno ed allo sviluppo dell'apparato radicale; tale riserva, nei primi 4 anni dall'impianto, è molto bassa se confrontata con quella del pesco o dell'olivo. E' consigliabile iniziare l'irrigazione immediatamente dopo che l'apporto idrico delle piogge non risulta sufficiente a soddisfare le esigenze idriche delle piante, tuttavia quando il suolo è ancora umido (70-80% dell'acqua disponibile). Così facendo, rimangono quasi intatte le riserve

idriche degli strati di suolo esplorati dalle radici ma non interessati dall'irrigazione. Riserve che possono essere utilizzate dalle piante in momenti critici, quali ad esempio quelli causati da errori nel calcolo o dei volumi e dei turni di adacquamento o da temporanee interruzioni del rifornimento idrico.

Dal confronto del rapporto tra riserva idrica facilmente utilizzabile (contenuta nel volume di suolo esplorato dalle radici) ed area fogliare per pianta risulta che nell'actinidia, nei primi 4 anni dall'impianto, sono da 3 a 5 volte inferiori rispetto a quelli del pesco e da 20 a 30 volte quelli dell'olivo (Nuzzo *et al.*, 1996). Sulla base di questi dati e considerando che durante il periodo estivo, nella maggior parte degli ambienti di coltivazione dell'actinidia, l' ET_0 giornaliera spesso supera i 6mm, la riserva idrica facilmente utilizzabile è sufficiente a soddisfare le esigenze idriche della pianta per poco più di un giorno. Risulta quindi ovvio che i turni d'irrigazione, durante il periodo estivo, devono essere giornalieri; mentre nel periodo primaverile ed autunnale possono essere più distanziati (3-4 giorni). In tabella 9 si riporta un esempio di calcolo del volume irriguo.

Nel caso dell'actinidia risulta impossibile l'applicazione dello stress idrico controllato, che recentemente viene proposto in altre specie per ridurre i volumi irrigui durante alcune fasi del ciclo annuale (Dichio *et al.*, 2003) data la sensibilità dell'actinidia anche a piccole variazioni di umidità nel suolo. L'irrigazione deve essere giornaliera o, addirittura, in giornate con elevata ET_0 , si deve irrigare due volte al fine di mantenere sempre umido lo strato superficiale del suolo (0-20 cm) ove si concentrano le radici più efficienti e con densità molto elevata.

Questa tecnica di gestione comporta grosse perdite di acqua per evaporazione ma consente elevate *performance* qualitative e quantitative. Facilitare la crescita delle radici negli strati superficiali (riducendo o eliminando le lavorazioni del suolo) e mantenendole attive (garantendo una disponibilità di acqua prossima alla CIC) si traduce in un vantaggio nutrizionale in quanto, oltre all'assorbimento idrico, viene facilitato anche quello minerale ed in particolare quello del calcio. Quindi, la coltivazione dell'actinidia in areali con elevato deficit idrico ambientale è problematica qualora non si disponga di "acqua propria", in considerazione del fatto che l'attuale gestione consortile delle reti di distribuzione dell'acqua non garantisce, spesso, turni inferiori a 7-10 giorni. Pertanto, solo la costruzione di invasi artificiali aziendali può contribuire ad ovviare a tale problema e garantire turni più frequenti.

Spesso, e con grande sorpresa, si osservano actinidieti, irrigati con metodi che bagnano tutta la superficie del terreno, entrare in stress nonostante che il terreno sia in ottime condizioni idriche. Tali situazioni si verificano a causa della scelta non razionale del metodo e della tecnica irrigua: l'acqua è presente nel terreno in zone non esplorate dalle radici.

La durata della stagione irrigua è in relazione alla evapotraspirazione di riferimento ed agli apporti irrigui delle precipitazioni. L'irrigazione deve protrarsi per tutto il periodo durante il quale esiste un deficit idrico ambientale. Il verificarsi di uno stress idrico durante il periodo autunnale oltre agli effetti negativi sul frutto incide in maniera evidente anche sulla quantità di assimilati contenuti nei vari organi della pianta. Il tenore di assimilati è fondamentale nei riguardi della sensibilità agli abbassamenti termici invernali, per una corretta ripresa dell'attività vegetativa dell'anno successivo e per una produzione costante negli anni e di ottima qualità.

GLI ABBASSAMENTI TERMICI E LA DIFESA DELLE PIANTE

La difesa attiva dalle gelate può essere attuata con diversi metodi tra cui il più diffuso e meno costoso è quello dell'irrigazione sotto- o soprachioma. Gli abbassamenti termici che si verificano in primavera, in prossimità del germogliamento o allorquando la lunghezza del germoglio non supera i 10-15 cm, possono essere agevolmente controllati con l'irrigazione soprachioma (Foto 5), mentre per il controllo delle gelate autunnali (o primaverili in caso di lunghezza del germoglio > 15 cm) sono indicati i metodi irrigui sottochioma (Foto 6).

Per una corretta gestione degli impianti irrigui per prevenire i danni da abbassamenti termici, è importante rilevare la temperatura dell'aria a 30-40 cm dal suolo in modo da far avviare l'impianto irriguo quando tale temperatura è vicina a 1 °C. Spesso, ed erroneamente, gli impianti irrigui vengono messi in funzione quando la temperatura dell'aria, misurata a 1,5 –2 m dal suolo, è prossima a 0 °C, ma in questo modo l'efficacia dell'irrigazione antibrina è drasticamente ridotta in quanto la temperatura in prossimità del suolo è di circa 2 °C più bassa. Sarebbe opportuno controllare la temperatura dell'aria in più punti privilegiando quelli all'esterno del frutteto, dove maggiormente si accumula l'aria fredda. Per la rilevazione della temperatura, sono consigliabili i termometri classici in caso di utilizzo di irrigazione sottochioma, mentre sono preferibili i termometri a bulbo asciutto e bagnato nei casi in cui si fa ricorso all'irrigazione soprachioma, in ogni caso è necessario la verifica della precisione e dell'affidabilità della strumentazione.

L'incremento della temperatura dei tessuti della pianta rispetto a quella dell'aria ottenibile con l'irrigazione soprachioma dipende dalla portata dell'impianto. Impianti irrigui con portata oraria di circa 10-15 m³ ha⁻¹ possono salvaguardare l'integrità dei tessuti anche se la temperatura dell'aria a 30-40 cm dal suolo è di -4/-5 °C, mentre portate di 30-35 m³ ha⁻¹ h⁻¹ “proteggono i tessuti” anche se la temperatura dell'aria scende a -6 °C.

L'irrigazione sottochioma è efficace per la difesa dalle gelate per irraggiamento durante le quali la temperatura dell'aria a 30-40 cm dal suolo non supera i -4/-5 °C. La sua efficacia può aumentare se il frutteto è inerbito, in quanto oltre al calore prodotto dall'acqua erogata dal metodo irriguo e congelata anche il cotico erboso contribuisce a liberare altro calore.

I volumi idrici necessari oscillano da 20 a 30 m³ ha⁻¹ h⁻¹ e l'efficienza di tale metodo è molto ridotta in caso di movimento di masse di aria fredda (gelata per avvezione) o gelata mista (avvezione + irraggiamento) (Cicogna e Sandra, 2002). Relativamente alla durata dell'intervento irriguo, l'impianto dovrà funzionare fino a quando la temperatura dell'aria a 30-40 cm dal suolo, rilevata all'esterno del frutteto, non avrà raggiunto valori di 0,5 /1,0 °C.

Lo stato idrico del suolo può contribuire a ridurre i danni da gelate. Infatti, un terreno bagnato può accumulare un quantitativo di calore, che sarà ceduto all'atmosfera durante la notte, maggiore rispetto ad un suolo asciutto (anche se solo negli strati superficiali). Il terreno asciutto presenta una conducibilità termica ridotta che non facilita ne l'accumulo ne la successiva cessione di calore.

L'IRRIGAZIONE E L'IMPATTO AMBIENTALE

Sono ben noti i vantaggi in termini di produttività e di qualità che si ottengono in agricoltura grazie all'irrigazione. Tuttavia, una gestione non corretta di tale tecnica, oltre ad uno spreco della risorsa, può risultare pericolosa per la salute dell'ambiente. Paradossalmente, l'irrigazione costituisce una delle vie che portano alla desertificazione, in particolare in ambienti con elevato deficit idrico e scarsa piovosità.

In molte aree, l'irrigazione combinata con tecniche intensive di coltivazione (lavorazioni continue, ricorso quasi esclusivo alle concimazioni minerali anziché organiche, ecc.), ha causato un deterioramento strutturale del suolo dovuto principalmente all'impoverimento in sostanza organica. Infatti, il contenuto in sostanza organica dei suoli, ha raggiunto un livello (< 1%) che rappresenta il limite per la loro classificazione come "terreni degradati" (inizio processo di desertificazione per carenza di sostanza organica biologicamente attiva).

La degradazione dei terreni coltivati ed irrigui a causa della salinizzazione, dell'alcalinizzazione e dell'impoverimento della fertilità costituisce un problema agricolo-ambientale molto antico; infatti era già noto presso le civiltà sumerica e babilonese. Nelle zone aride e semi-aride come quelle che si affacciano sul bacino del Mediterraneo, le risorse idriche di buona qualità stanno diventando sempre più scarse e, di conseguenza, la loro destinazione "privilegiata" è quella dell'uso potabile-domestico. Quindi, dato che i quantitativi di acqua di buona qualità destinati all'agricoltura stanno subendo forti restrizioni, l'impiego di acque di scarsa qualità presuppone la conoscenza della composizione chimica dell'acqua usata ma non solo, anche la valutazione di altri fattori quali il clima, le caratteristiche del suolo, le condizioni di drenaggio, il metodo irriguo adottato, ecc., al fine di poter definire un uso appropriato della tecnica irrigua con acque non ottimali.

La conoscenza della composizione chimica delle acque di irrigazione è assolutamente necessaria anche per formulare un corretto piano di concimazione, sia per la scelta del concime che per la determinazione delle quantità da apportare. Infatti, è consuetudine distribuire concimi nonostante i quantitativi apportati con l'irrigazione sono spesso superiori a quelli asportati.

Gli elevati volumi idrici impiegati nel settore agricolo (60-70% del consumo totale di acqua) hanno un forte impatto ambientale anche in considerazione del fatto che si effettuano prelievi dai corpi idrici superficiali e/o sotterranei che spesso modificano gli equilibri naturali. In particolare, il prelievo continuo ed incontrollato di acque sotterranee in quantità superiori a quelle della capacità di ricarica determina, spesso, un abbassamento del livello piezometrico con conseguente aumento dei costi di pompaggio, peggioramento della qualità delle acque, e, nelle zone litoranee, ingressione di acque marine. Inoltre, l'irrigazione, se non gestita correttamente, può causare una degradazione delle proprietà chimico-fisiche e biologiche del suolo (struttura più massiva, alterazione della morfologia e dimensione dei pori, accentuata migrazione di particelle argillose dall'orizzonte di suolo lavorato al sottostante). L'irrigazione può causare anche l'inquinamento delle acque superficiali e sotterranee attraverso il trasporto, per scorrimento o infiltrazione negli strati più profondi di elementi minerali (in particolare nitrati), pesticidi e diserbanti eventualmente applicati al suolo.

L'utilizzo dei metodi irrigui a microjet correttamente gestiti (turni giornalieri con bassi volumi di adacquamento pari alle esigenze del frutteto) contribuiscono ad evitare l'inquinamento dei corpi idrici superficiali e sotterranei.

La non lavorazione del suolo, l'uso della fertirrigazione ed una buona dotazione di sostanza organica costituiscono, inoltre, strumenti in grado di controllare l'impatto ambientale della pratica irrigua. La fertirrigazione, in particolare, svolge un ruolo determinante nel controllo delle perdite legate alla denitrificazione. Infatti, interventi microfertirrigui giornalieri assicurano, durante l'estate, una regolare alimentazione idrica e minerale della pianta con positivi riflessi su qualità e quantità della produzione (regolare trasporto del calcio nei frutti e di tutti gli altri elementi minerali in particolare di quelli poco mobili per via floematica), inoltre riducono le oscillazioni verso valori estremi dell'umidità del suolo con conseguente riduzione del processo di denitrificazione ed evitano l'allontanamento delle forme solubili dell'azoto dal dominio radicale della pianta.

ESIGENZE NUTRIZIONALI E TECNICA DELLA CONCIMAZIONE

Assorbimento dei principali elementi minerali e loro trasporto nei vari organi della pianta.

Le radici assorbono dalla soluzione del suolo i vari elementi minerali attraverso meccanismi di diffusione e di convezione (o flusso di massa). La diffusione si verifica quando, per un determinato elemento, si instaura un gradiente di concentrazione nel suolo interessato dalle radici. Tale meccanismo coinvolge principalmente gli ioni P, K, B, Fe, Zn, Mn. Gli ioni si muovono lentamente e per distanze molto limitate; risulta quindi molto importante, per il loro assorbimento, lo sviluppo, la conformazione e la densità dell'apparato radicale. Gli altri elementi principalmente si muovono nel suolo verso la radice con il movimento dell'acqua. Per tale processo risulta quindi molto importante la disponibilità idrica del suolo e l'attività traspiratoria la quale, richiamando acqua dal suolo, induce un movimento anche dei vari elementi verso la superficie radicale. Il movimento del calcio e del magnesio è quasi totalmente controllato dal processo di convezione. Entrambi i processi sono favoriti da disponibilità idrica del suolo ottimali e costanti nel tempo, temperature tra 20 e 25° C, densità radicali elevate e buona attività traspiratoria e fotosintetica delle foglie.

Una volta raggiunti i vasi xilematici delle radici, i vari elementi minerali seguono il percorso dell'acqua con destinazione i vari organi della pianta. Le foglie rappresentano la sede preferenziale, in quanto attraverso loro passa quasi la totalità dell'acqua traspirata. Molti elementi si muovono anche per via floematica e raggiungono un certo equilibrio all'interno della pianta. Per questi elementi la diagnostica fogliare può rappresentare una chiave importante per definire eventuali carenze o eccessi non soltanto nelle foglie ma anche nei frutti. Altri elementi invece non si muovono o sono poco mobili all'interno della pianta. E' il caso tipico del calcio, elemento determinante per la qualità e la conservabilità in frigorifero di molti frutti (melo, actinidia, pero ecc.). La concentrazione nelle foglie di questo elemento aumenta durante la stagione di crescita mentre diminuisce nei frutti con l'aumentare del loro volume in quanto il calcio arriva nei frutti principalmente nei primi stadi di crescita quando la traspirazione è elevata. Per il calcio e per tutti gli altri elementi che si muovono con difficoltà (Mn, Zn, B ecc.) per via floematica è quindi necessario conoscerne anche il contenuto nei frutti per meglio definire il piano di concimazione. In

pratica spesso si verificano, anche in terreni ricchi di questi elementi, casi di carenza nei frutti e non nelle foglie.

Dinamica di assorbimento dei vari elementi minerali.

Le piante contengono tutti i 92 elementi ma per una buona attività vegetativa e produttiva ne bastano soltanto 16. Di questi, 13 sono essenziali e sono presenti nel suolo o apportati attraverso le concimazioni fogliari o del suolo.

I 13 elementi essenziali e di importanza uguale dal punto di vista fisiologico sono:

- Macroelementi: N, P, K, Mg, Ca, S

- Microelementi / metalli pesanti Fe, Mn, Zn, Cu, Mo
 \ non metalli Cl, B.

Azoto. E' assorbito dalle radici sotto forma di nitrato (NO_3^-), di ammonio (NH_4^+) e talvolta in forma organica (aminoacidi liberi nel suolo).

L'azoto nitrico assorbito viene trasformato in azoto ammoniacale dall'enzima nitrato-reduccasi. La trasformazione richiede energia e quindi è meglio, dove è possibile, che venga assorbito sotto forma ammoniacale. Lo ione ammonio può risultare tossico per le piante, esso viene convertito rapidamente in aminoacidi che rappresentano le fondamenta per la vita.

Gli aminoacidi sono poi convertiti in proteine, DNA e RNA (nitrati \square ammonio \square aminoacidi \square RNA + proteine).

L'azoto organico rappresenta il 95% circa dell'azoto totale presente nel suolo. Questa forma di azoto viene gradualmente trasformata dai microrganismi presenti nel suolo in ammonio (processo di mineralizzazione). La forma ammoniacale con carica positiva (catione) è attratta e trattenuta dalle componenti del suolo, principalmente dalle argille, con carica negativa. Il pericolo di dilavamento, nei suoli non sabbiosi è quindi molto basso. In condizioni di temperature di suolo ottimali ($20-25^\circ\text{C}$) e terreni con buon drenaggio, la forma ammoniacale si trasforma rapidamente in azoto nitrico. E' la forma di azoto maggiormente assorbita dalle piante ed è facilmente soggetta alle perdite per percolazione in quanto essendo un ione con carica negativa non è trattenuto dalle argille del suolo (carica negativa). L'azoto nitrico è quindi la forma maggiormente coinvolta nell'inquinamento delle falde acquifere.

I microrganismi utilizzano una parte dell'azoto nitrico e ammoniacale per la loro nutrizione, moltiplicazione e immobilizzazione durante la fase della decomposizione del materiale vegetale presente nel suolo (foglie, legno della potatura ect.). La quantità dell'azoto che viene utilizzato è in relazione al tipo di materiale. Il legno della potatura invernale, con un rapporto C/N elevato, richiede da parte dei microrganismi per la sua decomposizione una quantità di azoto più elevata rispetto a quello necessario per le foglie o il materiale verde del sovescio. E' consigliato aggiungere per ogni 1.000 Kg di materiale da decomporre circa 5 Kg di azoto nitrico per evitare l'immobilizzazione dell'azoto in fasi delicate del ciclo annuale del frutteto. Nei casi in cui il suolo non drena bene (es. dopo una abbondante pioggia o una irrigazione sbagliata) e si creano condizioni di carenza di ossigeno, i microrganismi del suolo usano l'ossigeno dell'azoto nitrico (NO_3^-) al posto dell'ossigeno normalmente presente nella parte gassosa del suolo, con conseguente trasformazione dell'azoto nitrico in N_2O e azoto gassoso N_2 (processo di

denitrificazione). Tale processo in certe situazioni può rappresentare un problema molto serio di inquinamento atmosferico, in quanto l' N_2O contribuisce alla distruzione dello strato di ozono della stratosfera. Da prove effettuate in condizioni controllate, sono state stimate perdite nell'atmosfera, attraverso il processo di denitrificazione, del 15% circa dell'azoto totale distribuito.

Nei suoli con elevato pH ($\text{pH} > 7,5$) si possono verificare elevate perdite di azoto in forma ammoniacale (NH_3 - GAS) (gasificazione). Per poter limitare le perdite è consigliabile per i concimi che contengono azoto sotto forma ammoniacale (urea, solfato di ammonio, nitrato di ammonio ecc.) incorporarli nel suolo o distribuirli prima di una pioggia o prima di un intervento irriguo o attraverso la fertirrigazione. L'inquinamento dell'atmosfera dal processo di gasificazione è dovuto principalmente ai metodi primitivi di conservazione e distribuzione del letame. L'immissione di azoto nell'atmosfera oscilla, nell'Europa centrale, dai 10 ai 15 Kg/ha con punte massime di 40 Kg registrate in vicinanza agli allevamenti di bestiame.

Potassio. Viene assorbito dalle radici sotto forma K^+ . Elemento poco mobile nel terreno ma abbastanza mobile all'interno della pianta. E' richiesto dagli alberi da frutto in quantità elevata (spesso pari a quella dell'azoto e del calcio). Il movimento degli ioni K all'interno del suolo, per raggiungere la superficie radicale, avviene principalmente per diffusione. E' quindi molto importante la presenza di un livello di umidità ottimale e costante durante tutto il ciclo annuale. Stress per carenza idrica diminuiscono notevolmente l'assorbimento di questo elemento.

Fosforo. Forma assorbita PO_4^{3-} (prevalentemente $[\text{H}_2\text{PO}_4]^-$).

La necessità di questo elemento, da parte degli alberi da frutto, è molto inferiore agli altri macroelementi. Poco mobile nel terreno, abbastanza all'interno della pianta. Raramente si trovano in frutticoltura casi di carenza di fosforo. Abbondanti concimazioni fosfatice possono ridurre l'assorbimento dell'azoto ed, al contrario, in situazioni di eccesso di azoto nel suolo non si verifica il blocco dell'assorbimento del fosforo.

Calcio. Viene assorbito dalle radici sotto forma di Ca^{2+} e più precisamente, come sovente viene riportato, da quelle giovani, le quali non hanno ancora subito il processo di suberificazione, anche se prove effettuate su piante di ciliegio hanno evidenziato che il calcio viene assorbito anche dalle radici suberificate.

Nei casi di bassa concentrazione di magnesio e calcio nel suolo, l'aggiunta di magnesio favorisce l'assorbimento del calcio ed il suo accumulo nelle foglie, mentre qualora il livello del calcio nel terreno è sufficientemente elevato l'aggiunta di magnesio ne rallenta l'assorbimento. Raramente si trovano situazioni di carenza di calcio nel suolo ma spesso si verificano carenze di calcio nei frutti. Il trasporto del calcio via floema è quasi nullo ed il suo movimento all'interno della pianta segue la via xilematica. Infatti, la concentrazione del calcio nelle foglie aumenta durante la stagione visto che attraverso tali organi passa la quasi totalità (99,5%) dell'acqua traspirata dall'intera pianta. Durante il ciclo annuale il trasporto del calcio è preferenziale verso gli apici vegetativi, anche se la traspirazione delle foglie giovani è inferiore a quella delle foglie già sviluppate. Tale movimento è spiegato dalla maggiore concentrazione dell'auxina acido indolacetico (IAA) in questi organi. Il trasporto del calcio nei frutti diminuisce con il procedere della stagione, in quanto diminuisce sia la sintesi dell'auxina sia l'attività traspiratoria. Infatti, circa il 70% del calcio che si trova nei frutti all'epoca della raccolta si accumula nella prima fase di crescita del frutto (divisione cellulare) in corrispondenza di un'area fogliare

limitata e ancora in crescita (minore competizione con i frutti relativamente all'acqua ed alla luce) e da una certa attività traspiratoria dei frutti. Risulta quindi indispensabile, durante tale periodo, il verificarsi di tutte le condizioni favorevoli all'assorbimento e traslocazione di tale elemento.

Alcuni Autori hanno ipotizzato una traslocazione del calcio dalle foglie al legno attraverso lo scambio ionico dello xilema, nel caso in cui la concentrazione del calcio nelle foglie sia più elevata che nel legno. Tale situazione si verificherebbe raramente e solo in prossimità della senescenza delle foglie, quando il calcio non è più legato alle componenti della cellula a causa della disintegrazione delle strutture cellulari. Nel frutto circa il 50% del calcio totale è concentrato nei rafidi, cristalli aghiformi di ossalato di calcio (forma molto insolubile), che possono talvolta conferire ai derivati della lavorazione della frutta una fastidiosa sensazione gustativa. La bassa solubilità del calcio ostacola il suo trasporto all'interno della pianta e rende la determinazione del calcio "fisiologicamente attivo" più difficile da accertare analiticamente (Sale and Clark, 2002). La concentrazione del calcio nel frutto varia notevolmente a seconda della sua posizione all'interno della chioma ed in particolare alla sua esposizione nei confronti della luce (Fig. 6 e 8). Lo stesso comportamento è stato rilevato anche nelle foglie con diversa esposizione alla luce. E' importante quindi al momento del campionamento conoscere la posizione sia delle foglie che dei frutti nei confronti della luce. In generale tutti i suoli, ad eccezione di quelli a reazione acida, sono ben dotati di calcio tuttavia spesso si interviene con le concimazioni fogliari con l'obiettivo di aumentare la conservabilità dei frutti in frigorifero. Nonostante che i frutti dell'actinidia presentino concentrazioni di calcio di 8-10 volte superiori rispetto a quelle del melo, spesso, durante la loro conservazione perdono la loro consistenza e vanno incontro a varie fisiopatie. L'apporto di calcio nel suolo non risolve il problema e l'esito dei trattamenti fogliari con prodotti a base di calcio appare discutibile. Essi non sono risultati efficaci nelle sperimentazioni effettuate in Nuova Zelanda (Prasad e Spiers, 1991) e in Italia. La forma dell'allevamento, la sua corretta gestione, il contenuto idrico ottimale e costante del suolo, l'esposizione dei frutti alla luce, la non lavorazione del suolo (Fig. 9) e il contenimento delle competizioni tra l'attività vegetativa e i frutti, il numero di semi, la sostanza organica nel suolo e una nutrizione minerale equilibrata, attraverso l'adozione della tecnica della fertirrigazione, sono gli aspetti che maggiormente controllano la concentrazione calcica dei frutti.

Ferro. Nel suolo il ferro è prevalentemente presente come Fe^{3+} . Esso viene assorbito dalle radici come Fe^{2+} , ad eccezione delle monocotiledoni che l'assorbono come Fe^{3+} . Quindi gli alberi per poterlo assorbire devono prima solubilizzarlo in chelato e successivamente ridurlo a Fe^{2+} .

Il contenuto in ferro dei suoli oscilla tra 1 e 5%, la forma dominante è l'idrossido di ferro $Fe(OH)_3$. Esso è poco solubile nel suolo ed è maggiormente solubile a pH 2 mentre si insolubilizza in corrispondenza di pH 7,6. Lo ione bicarbonato (HCO_3^-) è responsabile della clorosi ferrica nei terreni calcarei. In suoli asciutti il livello di bicarbonato raramente è elevato per causare problemi nell'assorbimento del ferro. Nei suoli umidi, invece, la dinamica di formazione dei bicarbonati è molto elevata e richiede presenza di CO_2 e di H_2O per l'idrolisi del $CaCO_3$ ($CaCO_3 + H_2O + CO_2 = Ca^{2+} + 2HCO_3^-$). La presenza nel suolo di $CaCO_3$ totale è meno importante della sua idrolisi per la formazione di HCO_3^- (calcare attivo). Nei terreni calcarei per poter controllare i fenomeni della clorosi ferrica, è importante la gestione razionale dell'irrigazione ed il buon drenaggio del terreno, per evitare eccessi idrici e quindi controllare l'idrolisi del $CaCO_3$ in HCO_3^- . Spesso quindi la carenza di ferro è dovuta più alla sua immobilizzazione che ad una effettiva carenza nel

suolo. Interventi che hanno come obiettivo l'abbassamento del pH del suolo, possono migliorare la situazione aumentando la disponibilità del ferro per le piante. Sebbene l'adozione del portinnesto D1 consente di ridurre i sintomi della clorosi ferrica, il mezzo più diffuso per il controllo di tale fisiopatia è rappresentato dall'applicazione al suolo o alla chioma di chelati di ferro sintetici sia in primavera che a fine estate (Rombolà et al., 1999). Il trattamento a fine estate previene la clorosi ferrica nella primavera successiva ed è più efficace rispetto al tradizionale trattamento effettuato a fine inverno, in quanto permette l'accumulo, negli organi perenni, di riserve di ferro che vengono traslocate alla chioma durante la primavera successiva (Tagliavini e Rombolà, 2001). Un altro approccio promettente per prevenire la clorosi ferrica è rappresentato dalla consociazione dell'actinidia con specie graminacee, in grado di rilasciare nel suolo i fitosiderofori (chelanti naturali del ferro). In una prova condotta in ambiente controllato (Rombolà et al., 2003), la clorosi dell'actinidia è stata efficacemente prevenuta dalla consociazione con specie comunemente impiegate per l'inerbimento dell'actinidieta (*Lolium perenne*, *Festuca rubra*, *Poa pratensis*).

Gli strumenti diagnostici.

La concimazione deve essere intesa come uno strumento di regolazione della disponibilità di nutrienti per le piante arboree. Essa ha quindi bisogno di utilizzare degli strumenti indicativi dello stato di salute del sistema da nutrire. I principali strumenti diagnostici: diagnosi fogliare, del frutto e analisi del suolo presentano vantaggi e limitazioni, perciò solo un loro utilizzo strettamente integrato è in grado di fornire informazioni affidabili.

Particolare importanza riveste la misura del livello dell'azoto nitrico del suolo che permette di ragionare su un dato certo di disponibilità dell'azoto, piuttosto che su stime difficoltose e spesso imprecise.

Il livello di nutrienti nei tessuti della pianta è l'indice più accurato dello stato di salute delle piante. In particolare, l'analisi dei tessuti deve essere condotta precocemente se si vuole intervenire correggendo eventuali errori nella gestione della nutrizione. Analisi fogliari condotte tardivamente sono più utili ad ottimizzare il successivo ciclo produttivo piuttosto che influire sulla produzione dell'anno corrente. Per gli elementi che si muovono all'interno della pianta quasi esclusivamente per via xilematica (Ca, Mn, Zn, B) oltre l'analisi fogliare è consigliata quella dei frutti.

Nei sistemi frutteto, ad eccezione dell'elemento azoto, non sono state individuate chiare relazioni tra contenuto del suolo in nutrienti assimilabili ed il livello degli stessi nei tessuti vegetali. Infatti, spesso, le piante contengono livelli sufficienti di nutrienti pur in presenza di bassi valori degli elementi assimilabili nel suolo e, al contrario, anche con buone disponibilità di nutrienti nel suolo, si possono manifestare delle carenze nella pianta. L'analisi del contenuto in elementi minerali delle foglie (lamina e picciolo) può essere utilizzata per un duplice fine. In primo luogo l'analisi può aiutare nella conferma di sintomi visibili di disordini nutrizionali e può essere molto utile nell'individuazione delle cause di una crescita debole. In secondo luogo l'analisi dei tessuti fogliari può essere utilizzata per monitorare, su base annuale lo stato nutrizionale del frutteto. Nel primo caso, la diagnosi è realizzata indipendentemente dalla fase del ciclo vegetativo e della esistenza o meno di standard di riferimento. Il campionamento interessa foglie nella stessa posizione e appartenenti a piante con e senza sintomi di carenza. L'eventuale diagnosi sarà realizzata dal semplice confronto diretto dei risultati analitici. Quando l'analisi fogliare vuole monitorare su base annuale lo stato nutrizionale della pianta, il prelievo

viene effettuato ogni anno nello stesso periodo così da individuare l'evoluzione delle concentrazioni degli elementi negli anni e negli intervalli di concentrazione (indici di riferimento) caratteristici di condizioni nutrizionali ottimali, carenti o eccedenti. L'esistenza di valori di riferimento per uno specifico ambiente permette di intervenire con la concimazione prima che si verifichino disordini nutrizionali oppure fenomeni di "consumi di lusso" (Tab. 10). La maggiore parte dei valori di riferimento per l'interpretazione della diagnostica fogliare si riferisce a prelievi eseguiti in luglio-agosto, quando la concentrazione degli elementi minerali è stabile e il confronto tra i diversi campioni risulta meno influenzabile dalla variabilità indotta dall'età della foglia. La conoscenza delle variazioni delle concentrazioni degli elementi minerali durante tutta la stagione vegetativa in piante che non presentano squilibri nutrizionali permette di prelevare i campioni di foglie durante tutto l'arco del ciclo vegetativo (fig ..). Il prelievo deve interessare campioni di foglie nella stessa fase fenologica e il tempo deve essere misurato in giorni dal germogliamento. Al fine di poter correggere tempestivamente eventuali carenze nutrizionali è necessario disporre di indici fogliari di riferimento per epoche molto precoci. In Nuova Zelanda l'epoca di riferimento per le analisi fogliari precoci è la sesta settimana dopo il germogliamento (Sale e Clark, 2002). La precoce identificazione degli squilibri nutrizionali permette di intervenire nella stagione in corso, anziché aspettare la stagione successiva, come accade quando le foglie vengono prelevate tardi durante il ciclo annuale. Per quegli elementi che tendono ad accumularsi nelle foglie durante il ciclo annuale (boro, calcio etc.), basse concentrazioni fogliari nel periodo primaverile sono da considerarsi fisiologiche e non devono essere interpretate come una carenza.

Disponibilità dei nutritivi nel suolo con particolare riferimento all'azoto

La valutazione dello stato nutrizionale della pianta può richiedere più di una analisi dei tessuti in un anno. Al contrario, l'analisi completa del terreno può essere eseguita ogni 3-5 anni, essendo i cambiamenti dei parametri del suolo estremamente gradualmente, ad eccezione dell'azoto minerale, che va misurato anche più di una volta all'anno. La conoscenza del tenore in azoto minerale, in particolare dell'azoto presente in forma nitrica, è di fondamentale importanza nella gestione della fertilizzazione del frutteto. Alla ripresa vegetativa, contenuti di circa 20 kg/ha di N-nitrico (20 ppm) nel volume di suolo esplorato dalle radici indicano la possibilità di realizzare la concimazione più tardi.

La conoscenza del tenore azotato minerale del suolo nella tarda estate - autunno può essere estremamente utile, in particolare negli anni di carica produttiva, quando è maggiormente necessario ottenere il ripristino delle riserve. Concentrazioni di N-nitrico del suolo superiori a circa 25 kg/ha (25 ppm) sconsigliano l'intervento di concimazione in quanto sufficienti a soddisfare le esigenze delle piante.

Nel corso del ciclo annuale circa il 2-3% dell'azoto totale contenuto nella sostanza organica endogena si rende disponibile, in seguito ai processi di mineralizzazione, in forma di ione ammonio che successivamente sarà trasformato, tramite la nitrificazione, in ione nitrato. Questa forma sarebbe più utilizzata dalle piante, e più suscettibile al trasporto negli orizzonti profondi del suolo ed alle perdite per via gassosa. Nei climi meridionali la quota netta disponibile di azoto derivante dalla sostanza organica del suolo può assumere valore oscillante fra 50-110 kg/ha/anno, in relazione alle caratteristiche del suolo (sostanza organica, densità apparente, ecc.), ma soprattutto in dipendenza delle sue condizioni d'umidità e di temperatura. I residui di potatura, comprensivi delle foglie

senescenti, interrati nel frutteto, possono contribuire alla disponibilità azotata minerale del suolo ed al mantenimento dei livelli di sostanza organica dello stesso. In base ai pochi elementi rinvenibili in letteratura è ipotizzabile che circa il 50% dell'N totale contenuto in tale materiale possa essere riciclato dalle piante. Considerevoli quantità di nutritivi possono essere resi disponibili dal sovescio di essenze contenenti azoto in tenori superiori al 2% di sostanza secca e derivante per lo più dalla fissazione biologica di quello atmosferico. Ad esempio, nei climi mediterranei, l'interramento di 4 tonnellate sostanza secca di biomasse vegetali con N uguale al 2,5% possono rendere disponibile nel corso del primo anno il 60% (60 kg/ha), il II anno il 20% (20 Kg/ha) ed il III anno il 10% (10 kg/ha) del loro contenuto in azoto totale. Nel computo degli input dei nutritivi del sistema frutteto non vanno trascurati gli apporti legati all'irrigazione ed alle precipitazioni atmosferiche. Gli apporti azotati legati alle acque d'irrigazione, considerando volumi stagionali di 5.000 m³ e concentrazioni azotate medie di 8 ppm, sono circa 40 kg/ha; le deposizioni atmosferiche secche ed umide possono rappresentare una fonte significativa di azoto. In Europa le deposizioni atmosferiche contribuirebbero con valori oscillanti tra 11-112 kg/ha/anno di azoto, in relazione alla distanza delle fonti d'inquinamento. Le uscite dal sistema frutteto legate ai fenomeni di lisciviazione, di ruscellamento e di gasificazione (volatilizzazione, denitrificazione) sono di difficile quantificazione. In letteratura, per i sistemi frutteti, le informazioni circa tali perdite sono estremamente carenti. Alcune stime ottenute per l'actinidiato, che si riferiscono alle perdite totali per via gassosa e lisciviazione legate alla distribuzione tradizionale di solfato ammonico in forma solida, riportano dei valori di perdita complessiva pari al 40% della quantità distribuita.

Dosi e tempi e modalità di distribuzione

Per poter stabilire epoche, dosi e modalità di applicazione del concime è necessario conoscere:

- il contenuto e la dinamica degli elementi nei diversi organi della pianta;
- il ruolo delle sostanze di riserva durante il ciclo annuale della pianta;
- i tempi e le modalità di assorbimento degli elementi minerali;
- le esigenze nutritive della pianta;
- le dotazioni minerali del terreno e gli apporti di elementi minerali con le deposizioni atmosferiche e con le acque di irrigazione.

Le dosi ed i tempi di applicazione sono specifici di ogni singolo ambiente perciò non sono formulabili ricette universali, ma è solo possibile fornire dei criteri da seguire nella gestione della tecnica.

Asportazioni nella fase di allevamento

Nella fase di allevamento, in presenza di una buona concimazione organica d'impianto, in suoli sufficientemente dotati in fosforo e potassio assimilabile, le piante necessitano di apporti di fertilizzanti essenzialmente limitati all'azoto ed alla sostanza organica microbiologicamente stabilizzata distribuita lungo il filare. La pianta in fase di allevamento asporta quantitativi estremamente ridotti di N, P e K (Tab. 11) e dei quali una

buona percentuale è restituita al suolo con la caduta delle foglie. Le immobilizzazioni di calcio e magnesio e dei microelementi nelle strutture legnose della pianta sono spesso superiori ai quantitativi asportati in piena produzione quando, se il materiale di potatura viene trinciato, gli elementi realmente asportati coincidono con quelli presenti nei frutti (Tab. 11). La distribuzione dei concimi deve essere realizzata seguendo lo sviluppo dell'apparato radicale che è estremamente lento rispetto alle altre specie arboree da frutto. Essa deve essere frazionata nel corso del ciclo annuale. Nei primi interventi, quando l'attività nitrificante del suolo è molto ridotta, sono utilizzati i formulati a base di nitrati. Successivamente si somministra l'azoto in forma ureica o ammoniacale. Un insufficiente rifornimento minerale in questa fase può determinare rallentamenti di crescita che hanno pesanti ripercussioni sulla entrata in produzione, quantità e qualità del prodotto.

Asportazioni nella fase di produzione

Per un actinidiato adulto la richiesta di elementi minerali dipende essenzialmente dall'entità della produzione e dalla concentrazione media degli elementi minerali nei vari tessuti della pianta necessaria per sostenere la produzione mantenendo elevata la qualità. In piante in piena produzione che hanno completato le loro strutture permanenti, le variazioni annuali della biomassa delle strutture perenni sono trascurabili. Pertanto nel calcolo delle asportazioni dei vari elementi minerali dal suolo si tiene conto della quantità di elementi contenuti nei frutti, nel legno della potatura estiva ed invernale e nelle foglie. Un frutteto, con una produzione di 25 tonnellate ad ettaro asporta annualmente i quantitativi riportati nella tabella 12. Se il materiale di potatura viene trinciato e considerando le disponibilità azotate legate al processo di mineralizzazione della sostanza organica, gli apporti con l'acqua di irrigazione e delle precipitazioni e le perdite per lisciviazione si può ritenere sufficiente la distribuzione di circa 100 kg ha⁻¹ di azoto. Nel caso in cui il legno non venisse interrato, bisognerà aggiungere altre 55 kg ha⁻¹ di azoto. L'altro elemento minerale asportato in quantità elevate dai frutti è il potassio mentre per tutti gli altri elementi le asportazioni da parte della produzione sono molto contenute. Una caratteristica dell'actinidia che la distingue dalle altre specie arboree da frutto è rappresentata dalle notevoli richieste di cloro. In Nuova Zelanda, piante sane e molto produttive, presentano concentrazioni fogliari che variano tra 0,8 e 2% della sostanza secca, livelli 10 volte superiori ai valori normalmente rilevati in altre specie da frutto non alofite (agrumi, pero etc) (Smith et al., 1987).

Diversi studi hanno messo in evidenza che l'actinidia presenta una domanda di elementi minerali continua in tutta la stagione di crescita e, per la maggior parte dei nutritivi, caratterizzata da due picchi coincidenti con il mese successivo alla fase di rigonfiamento delle gemme e con l'intervallo tra l'allegagione e tre settimane dopo. Studi sull'assimilazione dell'¹⁵N hanno messo in evidenza che dopo 8 settimane dalla schiusura delle gemme avviene un rapido accumulo dell'azoto nelle foglie. Inoltre dall'analisi della linfa xilematica effettuata 4 settimane dopo la schiusura delle gemme si è rilevato che il 60% circa dell'azoto utilizzato per la nuova crescita proveniva dalle riserve della pianta e il resto dall'assorbimento radicale. Dell'azoto minerale assorbito dalle radici metà è traslocato dallo xilema in forma di nitrato mentre l'altra metà è traslocato con la linfa in forma di glutammina (Clark e Smith, 1991). Nel periodo in cui si verificano i picchi di domanda i nutritivi devono essere facilmente disponibili per l'assorbimento per cui è necessario intervenire per la loro distribuzione meglio se attraverso la fertirrigazione con applicazioni settimanali.

Nonostante il sistema radicale dell'actinidia sia particolarmente efficiente nell'assorbire l'azoto distribuito all'inizio dell'autunno (Tagliavini et al., 2000), l'obiettivo di aumentare il livello delle riserve mediante interventi in pre-raccolta non deve trascurare le conseguenze sulla qualità dei frutti e la suscettibilità della pianta alle gelate autunnali. È stato osservato (Tagliavini et al., 2000) che l'azoto distribuito un mese prima della raccolta, pur essendo prevalentemente immagazzinato nelle radici (61%), tende ad accumularsi per circa il 22-36%, a seconda della dose distribuita, nel frutto con il rischio di peggiorare la sua qualità, la conservabilità e ad aumentare la sua sensibilità alla botrite. Tra le asportazioni vanno considerati anche quegli contenuti negli essudati dalla pianta durante la fase del "pianto". Tali essudati sono ricchi di composti organici (zuccheri, acidi organici, aminoacidi) ed elementi minerali i cui quantitativi variano in relazione alla durata e dell'entità del "pianto" e sono influenzati dalle condizioni pedo-climatiche e dalla tecnica colturale, in particolare dall'epoca della potatura. L'essudazione, che si protrae per circa 30-50 giorni, comporta un certo dispendio energetico ai danni delle riserve in quanto, in questa fase, la pianta non è ancora in grado di fotosintetizzare. Tuttavia, i nutrienti contenuti nell'essudato, una volta caduti a terra, vengono rapidamente riciclati dall'actinidieta. Secondo stime di Peterlunger et al., (1987) la quantità di azoto essudata col "pianto" in un actinidieta adulto oscilla tra 1 e 10 grammi a pianta. Trattandosi prevalentemente di azoto in forma aminoacidica, esso rappresenta una fonte altamente disponibile per il metabolismo della pianta che viene sottratta alla rimobilizzazione interna. Per questo motivo la fase di ripresa vegetativa può risultare maggiormente delicata che in altre specie fruttifere nelle quali l'azoto immagazzinato l'anno precedente viene utilizzato esclusivamente per sostenere le esigenze della pianta. La fertirrigazione può svolgere un importante ruolo della minimizzazione delle perdite legate alla denitrificazione. Infatti, soprattutto in estate, interventi micro-fertirrigui estremamente ravvicinati (ogni 1-2 giorni), con ridotti volumi d'acqua assicurano una regolare alimentazione idrica e minerale della pianta, con importanti riflessi sulla qualità della produzione (es.: regolare trasporto del Ca nei frutti, ripristino delle riserve) e minimizzano le oscillazioni verso i valori estremi dell'umidità del suolo, con importante riduzione dell'entità del processo di denitrificazione. Inoltre tale tipo di gestione della fertirrigazione evita anche l'allontanamento delle forme solubili dell'azoto dal dominio radicale della pianta (Tab. 13).

CONCLUSIONI

Rispetto ad altre specie arboree da frutto a foglia caduca, l'actinidia presenta delle caratteristiche delle quali bisogna tener conto nella gestione dell'irrigazione e della nutrizione minerale:

- Limitato volume di suolo esplorato dalle radici nei primi anni dall'impianto;
- Basso gradiente di potenziale idrico tra apparato fogliare e radicale e, conseguentemente, impossibilità di utilizzare le riserve idriche del suolo;
- Scarsa capacità dei tessuti a cedere acqua, durante il giorno, dalle proprie riserve al flusso traspirativo;
- Facilità di entrata in stress per carenza idrica anche in corrispondenza di contenuto idrico del suolo relativamente elevato (-0,04 MPa);
- Risposta di tipo "conservativo" in caso di carenza idrica, con conseguente forte limitazione dell'attività traspirativa ed aumento della temperatura fogliare;

- Anatomia e dimensioni delle foglie tali da non poter garantire protezione dalle elevate temperature e bassa umidità relativa dell'aria;
- Inizio dell'assorbimento e della traslocazione dell'azoto e di altri elementi minerali in corrispondenza della fase del "pianto";
- Accumulo di elementi minerali continuo durante tutta la stagione vegetativa con un massimo nel periodo apertura gemme-allegagione. In questo periodo l'actinidia accumula, nei diversi organi, mediamente dal 60 all'80% della quantità di elementi minerali presenti a fine stagione.

In considerazione di quanto soprariportato è necessario:

- Adottare, in particolare negli ambienti con elevato deficit idrico, metodi irrigui che bagnano tutto il volume di suolo esplorato dalle radici ed effettuare turni irrigui giornalieri (o due volte al giorno) in maniera da mantenere costante e vicina alla CIC l'umidità del suolo nei primi 20 cm di profondità;
- Non lavorare il suolo per facilitare la crescita in superficie dell'apparato radicale, dove le condizioni di temperatura, umidità, attività microbica sono migliori e per l'assorbimento idrico e minerale, in particolare del calcio;
- Adottare la tecnica dell'inerbimento, in particolare negli ambienti con elevato deficit idrico ambientale, in quanto può contribuire a migliorare le caratteristiche idrologiche e la fertilità del suolo ed ad aumentare l'umidità relativa dell'ambiente;
- Adottare forme di allevamento che permettano di ridurre la quota delle foglie ombreggiate migliorando così non soltanto l'efficienza dell'uso dell'acqua ma anche le caratteristiche qualitative del prodotto in particolare del contenuto in calcio dei frutti;
- Adottare la tecnica della fertirrigazione per una nutrizione equilibrata della pianta.

Bibliografia

- Anconelli S., Battilani, A., Gallina D., Genovesi R., Guidotti G., Mannini P., Pietrosi I., 1999. La microirrigazione. Regione Emilia Romagna – C.E.R. Collana Studi e Ricerche, Bologna.
- Cicogna A., Mariangela S. Actinidia e gelate: Metodi di previsione e mezzi di difesa. Notiziario ERSA. www.csa.fvg.it.
- Clark C.J. e Smith G.S., 1991. Seasonal changes in the form and distribution of calcium in fruit of kiwifruit vines. *J. Hort. Science* 66 (6):747-753.
- Condon J.M., 1992. Aspects of kiwifruit stem structure in relation to transport: *Acta Horticulturae*, 297: 419-426.
- Doorenbos J. E. e Pruitt W.O., 1977. Guidelines for prediciting crop water requirements. FAO Irrigation and Drainage Paper 24, Roma, pag. 156.
- Fernández. J.E. e Moreno F., 1999. Water use by the olive tree. In "Water use in crop production". Ed. M.B. Kirkham, Food Products Press. Imprint of haworth Press, Inc.: 101-162.

- Marangoni B., Rombolà A. D., Toselli M, Feralli S., 2003. La pratica della fertilizzazione dell'actinidia. Atti Convegno Nazionale: Actinidia, la novità frutticola del XX secolo. Verona, 21 novembre (Italy).
- Peterlunger E., Marangoni B., Testolin R., Vizzotto G., Costa G., 1990. Carbohydrates, organic acids and mineral elements in xylem sap bleeding from kiwifruit canes. *Acta Hort.* 282: 273-282.
- Prasad J. e Speers T.M., 1991. The effect of nutrition on the storage quality of the kiwifruit (a review). *Acta Hort.* 297: 579-585.
- Rombolà A.D., Baldi E., Franceschi A., Ammari T., Minguez Paramio J., Tagliavini M., 2003. Prevenzione della clorosi ferrica dell'actinidia mediante consociazione temporanea con specie graminacee. Atti Convegno Nazionale: Actinidia, la novità frutticola del XX secolo. Verona, 21 novembre (Italy).
- Rombolà A.D., Quartieri M., Scudellari D., Marangoni B., Abadia J., Tagliavini M., 1999. Strategie di cura della clorosi ferrica nella frutticoltura integrata. *Riv. Frutticoltura* 5: 59-64.
- Ruben A.Ortiz and R.N.Gallaher. Tillage and cropping system. Department of Agronomy,IFAS,University of Florida,Gainesville,FL 32611.
- Sale P. e Clark C., 2002. On calcium and magnesium nutrition of Hayward kiwifruit – a summary of research. *The Orchrdist* 75 (5):42-45.
- Smith G.S. Clark C.J., Holland P.T., 1987. Chlorine requirement of kiwifruit. *The New Phytol.* 106:71.
- Tagliavini M. e Rombolà A.D., 2001. Iron deficiency and chlorosis in orchard and vineyard ecosystems. *Europ. J. Agron.* 15:71-92.
- Tagliavini M., Inglese P., Rombolà A.D., 2000. Root uptake, storage and remobilization of autumn applied nitrogen to kiwifruit vines. *Agronomie*, 20: 23-30.
- Xiloyannis C., Dichio B., Montanaro G., Biasi R., Nuzzo V., 1999. Water use efficiency of pergola-trained kiwifruit plants. *Acta Horticulturae*, 498: 151-158.
- Xiloyannis C., Dichio B., Montanaro G., Biasi R., Nuzzo V., 1999. Water use efficiency of pergola-trained kiwifruit plants. *Acta Horticulturae*, 498: 151-158.
- Xiloyannis C., Nuzzo V., Dichio B., Massai R., Gucci R., 1995. E' vero che l'actinidia consuma più acqua di altre specie frutticole? *Rivista di Frutticoltura*, 4: 27-35.
- Xiloyannis, Nuzzo V., Dichio B., Celano G., 1996. Esigenze idriche e nutrizionali dell'actinidia. Atti Convegno Nazionale: La coltura dell'actinidia. Faenza, 10-12 ottobre.
- Zinoni F., Anconelli S., 1997. L'irrigazione sottochioma contro le gelate tardive. *Agricoltura*, 56-59.

Tabelle

Tabella 1 – Capacità di immagazzinamento idrico e portate massime degli erogatori per un uso razionale del metodo irriguo in relazione alla tessitura ed al tipo di gestione del suolo. (da Anconelli *et al.*, 1999; Ministry of Agriculture and Food, 1988)

Tipo terreno	Acqua disponibile (mm cm ⁻¹)	Portate massime irrigatori	
		Inerbito (mm h ⁻¹)	Lavorato (mm h ⁻¹)
Sabbioso	0,67	19,05	10,16
Franco sabbioso	1,04	11,43	6,35
Franco	1,46	8,89	5,08
Franco argilloso	1,79	7,62	3,81
Limoso	1,25	6,35	2,54

Tabella 2 - Parametri climatici e colturali necessari per la stima dell'ET_o attraverso vari metodi ed accuratezza rispetto al valore lisimetrico. (rielaborata da Doorenbos e Pruitt, 1977; Giardini, 1977).

Metodi per la Stima dell'ET _o	Parametri climatici indispensabili	Parametri climatici stimati	Parametri colturali	Variazione rispetto al lisimetro (%)*	
				Ambienti umidi	Ambienti aridi
Penman-Monteith	T _{med} , U _{rmed} , VV, R _n , G		ra, rc	+ 4	- 1
Radiazione	T _{med} , R _g o S _s	UR, VV		+ 23	+ 6
Blaney-Cridle	T	UR, VV, S _s		+ 16	+ 1
Penman	T _{med} , U _{rmed} , VV, R _g o S _s			+ 30	+ 12
Evaporimetro	Ev	UR, VV	d	- 5	+ 18
Hargreaves	T _{min} , T _{max}			+ 26	- 9
Thornthwaite	T _{med}			- 2	+ 20

T_{min}, T_{max}, T_{med} = temperatura minima, massima e media giornaliera; U_{rmed} = umidità media giornaliera;

R_g, R_n, S_s, G = radiazione globale, radiazione netta, eliofanía e flusso di calore nel terreno;

VV = velocità e direzione del vento; ra, rc = resistenza aerodinamica e resistenza stomatica della coltura.

d = distanza relativa dell'evaporimetro rispetto alla coltura

* i valori rappresentano le medie delle stime riscontrati da diversi autori in ambienti climatici differenti

Tabella 3 – LAI massimo in diverse specie arboree da frutto (rielaborata da Xiloyannis *et al.*, 1997).

Specie	LAI
Actinidia	2,5 – 3,7
Albicocco	2,4 – 4,7
Melo	2,8 – 3,6
Pesco	2,5 – 4,5
Susino	3,0 – 5,8

Tabella 4 - Carbonio assimilato (giorno e notte),acqua traspirata ed efficienza d'uso dell'acqua (WUE) da foglie e frutti in un actinidietao in piena produzione in luglio .

	Carbonio assimilato Kg ha ⁻¹ g ⁻¹			Traspirazione m ³ ha ⁻¹ g ⁻¹			WUE		
	1*	2	3	1*	2	3	1*	2	3
Esposte	71,2	71,2	106,8	31,6	31,6	47,4	-	-	-
Ombreg.	-8,4	-4,2	-5,3	20,6	10,3	13,7	-	-	-
Frutti	-8,5	-8,5	-8,5	0,3	0,3	0,3	-	-	-
TOT.	54,3	58,5	93,0	52,5	42,2	61,4	3,8	5,1	5,6

*1 realtà del frutteto 40% foglie esposte e 60% ombreggiate (Tendone)

2 ipotizzando che il 50% delle foglie ombreggiate vengano rimosse

3 ipotizzando il 60% delle foglie sia esposto ed il 40% ombreggiato

Tabella 5 - Volume di suolo esplorato dalle radici di pesco (cv Vega innestata su due portinnesti, m 4,5 x 1,25), actinidia (cv Hayward, m 4,5 x 3,0) e olivo (cv Coratina, 6 x 3 m irriguo) nei primi anni dall'impianto.

Specie/Portinnesti	m ³ /albero			
	1° anno	2°	3°	4°
"Missour"	1,22	3,39	3,60	3,60
"Mr.S. 2/5"	0,56	1,97	2,80	2,80
"Hayward"	0,13	0,83	1,35	1,41
"Olivo"	0,50	2,90	8,60	12,25

Tabella 6 – Disponibilità idrica (litri) per m² di area fogliare durante i primi quattro anni dall'impianto in alcune specie arboree da frutto (rielaborata da Xiloyannis *et al.*, 1993).

ANNI	(l m ⁻²)			
	I	II	III	IV
PESCO Vega/Missour (4,5*1,25 m)	36,3	32,5	24,6	24,6
ACTINIDIA Hayward (4,5*3 m)	7,5	8,1	8,9	9,0
OLIVO Coratina (6*6 m)	263,0	481,0	443,0	571,0

Tabella 7 - Contributo dei vari organi della pianta alla traspirazione dall'alba alle ore 14:00 in un actinidiato (luglio-agosto '95) (da Xiloyannis *et al.*, 1997).

Potenziale idrico fogliare (MPa)		Traspirazione alba-ore 14:00	Acqua ceduta dai tessuti* alla traspirazione	
max	min	m ³ ha ⁻¹	m ³ ha ⁻¹	% del totale
-0,2	-0,9	26,0	2,2	8,5
-0,6	-1,2	14,0	1,4	9,6
-0,9	-1,6	8,2	0,4	5,1

* foglie, frutto, legno e radici

Tabella 8 - Carbonio assimilato, acqua traspirata ed efficienza d'uso dell'acqua (WUE) di foglie e frutti di piante mature ben irrigate (c) e sottoposte a carenza idrica (s) (da Nuzzo *et al.*, 1996)

	Carbonio assimilato (Kg ha ⁻¹ d ⁻¹)			Acqua traspirata (m ³ ha ⁻¹ d ⁻¹)			WUE (g CO ₂ / kg H ₂ O)	
	C	S	% di C	C	S	% di C	C	S
Foglie esposte	71,2	17,1	24,0	31,6	11,4	36,1		
Foglie ombreggiate	-8,4	-3,9	46,4	20,6	15,2	73,8	-	
Frutti	-8,5	-7,1	83,5	0,3	0,2	50,8	-	
Totale	54,3	6,1	11,2	52,5	26,8	51,0	3,8	0,8

Tabella 9. Esempio di calcolo degli apporti irrigui per un impianto di actinidia in piena produzione (irrigazione localizzata) (Da Xiloyannis *et al.*, 1996).

Parametri		Apr.	Mag.	Giu.	Lug.	Ago.	Sett.	Ott.	Totale
ETo	(mm)	119,5	193,5	258,7	250,4	260,5	171,2	107,8	1361,6
Kc		0,4	0,8	1,2	1,4	1,4	1,4	1,2	
Etc	(mm)	47,8	154,8	310,4	350,6	364,7	239,7	129,4	1597,4
Precipitazioni	(mm)	9,0	22,0	0,0	0,0	0,0	29,0	71,5	131,5
Irrigazione	(mm)	38,8	132,8	310,4	350,6	364,7	210,7	57,9	1465,9

Tabella 10. Concentrazioni (sulla sostanza secca) di macro e microelementi nelle foglie di actinidia (cv. Hayward) riscontrati in diversi ambienti. Fonte: Marangoni *et al.* 2003.

ELEMENTO	Comprensorio di Faenza ¹	Emilia-Romagna ²	Nuova Zelanda (periodo estivo) ³	Nuova Zelanda (periodo primaverile) ⁴
Azoto (%)	2,5±0,2	2,3-3,0	2,2-2,8	3,5-3,9
Fosforo (%)	0,16±0,04	0,15-0,25	0,18-0,22	0,6-0,7
Potassio (%)	1,3±0,4	1,5-2,5	1,8-2,5	2,6-2,8
Calcio (%)	3,6±0,7	2-3	3,0-3,5	1,3-1,5
Magnesio (%)	0,66±0,16	0,4-0,6	0,40-0,45	0,3-0,4
Zolfo (%)	0,36±0,06	0,25-0,45	0,25-0,45	0,5-0,6
Cloro (%)	0,80±0,18	< 0,80	1,0-1,5	0,5-0,8
Sodio (ppm)	160±36	< 250	-	-
Ferro (ppm)	156±43	80-150	80-200	115-150
Manganese (ppm)	152±92	60-80	50-150	85-95
Rame (ppm)	14±1	8-15	10-15	20-30
Zinco (ppm)	20±2	15-30	15-28	55-70
Boro (ppm)	55±4	30-50	40-50	20-30

¹ Prelievo effettuato il 6 agosto

² Scudellari *et al.*, 1988 (epoca di prelievo: fine luglio-inizio agosto)

³ Sale e Clark., 2002e (epoca di prelievo: febbraio-emisfero australe)

⁴ Sale e Clark., 2002e (epoca di prelievo: 6 settimane dopo il germogliamento)

Tabella 11. Elementi minerali annualmente assorbiti da piante di actinidia nei primi 3 anni (740 p/ha).

	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO	Fe	Mn	Zn	Cu	B
	kg ha ⁻¹					g ha ⁻¹				
I anno	4,3	1,6	3,6	11,8	2,2	60	25	16	5	10
II anno	20,9	7,4	18,0	57,8	10,5	300	95	90	30	45
III anno*	41,9	15,4	43,4	96,2	18,3	486	140	125	50	60

*Produzione di 7 t/ha. I valori sono stati calcolati considerando gli elementi necessari per la crescita della parte epigea ed ipogea e per la produzione al terzo anno.

Tabella 12 – Asportazioni annuali di elementi minerali da parte di piante di actinidia in piena produzione (25 t ha⁻¹) (Da Xiloyannis et al., 1996)

	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO	Fe	Mn	Zn	Cu	B
	Kg ha ⁻¹					g ha ⁻¹				
Frutti	36	16	61	19	7	298	19	32	23	56
Foglie	55	18	38	203	31	323	468	73	8	159
Legno	55	14	60	49	14	522	108	276	54	72
Totale	146	48	159	271	52	1.143	595	381	85	287

Tabella 13. Esempio di piano di fertirrigazione per un actinidiato in piena produzione. Fonte: Marangoni *et al.* 2003.

Intervento n°	Settimane dal germogliamento	N (% dose annuale)	P (% dose annuale)	K (% dose annuale)
1	4	6	20	-
2	6	6	20	-
3	8	7	20	-
4	10	7	20	-
5	11	8	20	8
6	12	8	-	8
7	13	10	-	10
8	14	10	-	10
9	15	10	-	10
10	16	6	-	10
11	17	6	-	10
12	18	6	-	10
13	19	3	-	8
14	20	3	-	8
15	21	2	-	4
16	22	2	-	4
-	-	100	100	100

Figure

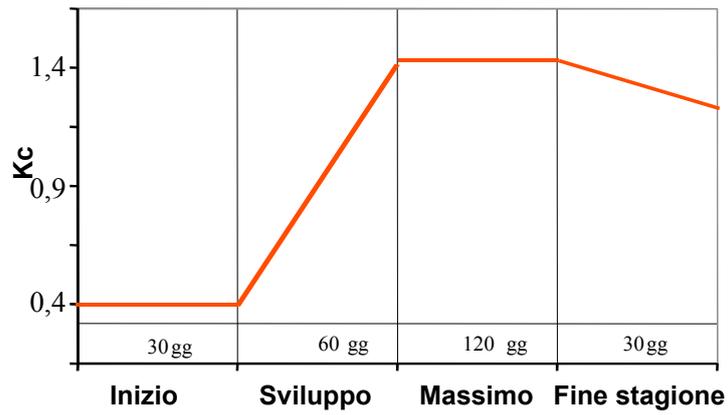


Figura 1 – Andamento del Kc in piante di actinidia durante le varie fasi della stagione vegetativa. (Rielaborato da FAO, 1998).

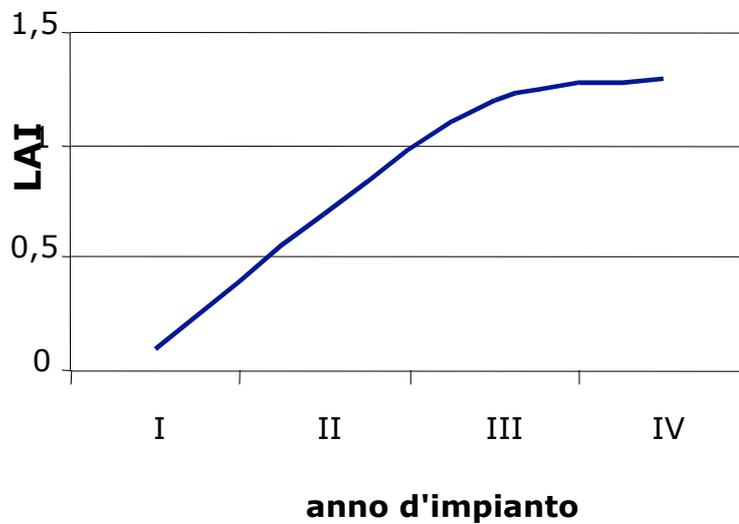


Figura 2 - Evoluzione del LAI in piante di actinidia (sesto 4,5 * 3 m) nei primi 4 anni d'impianto.

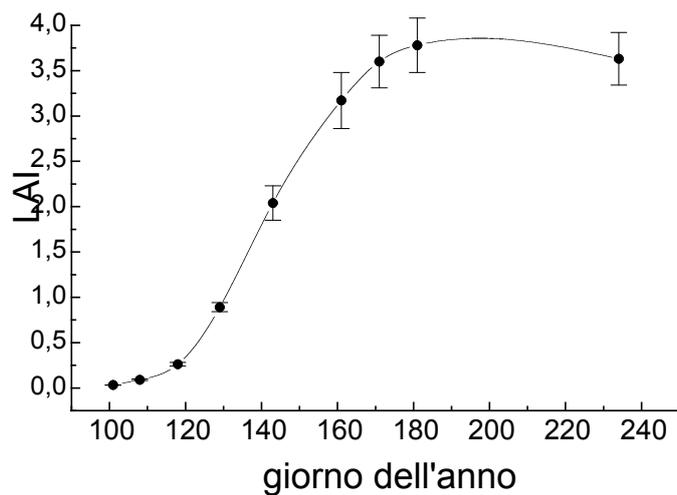


Figura 3 – Evoluzione del LAI in piante in piena produzione allevate a tendone. (da Xiloyannis *et al.*, 1999)

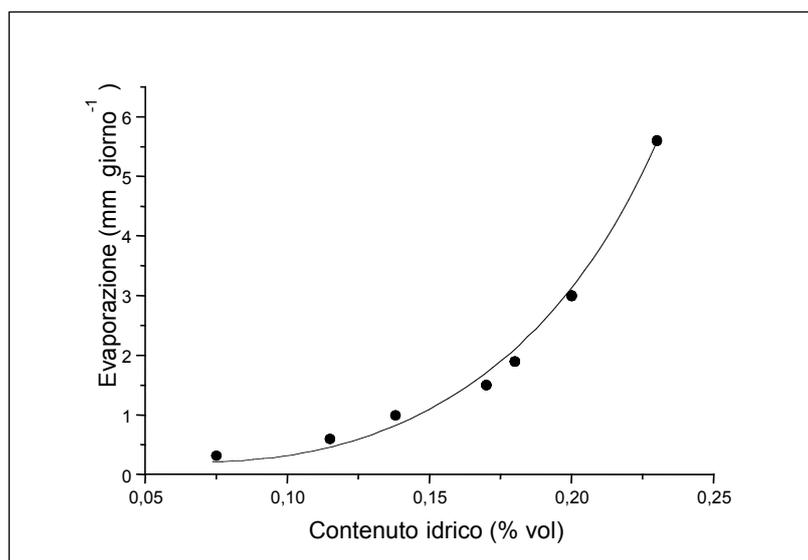


Figura 4 - Relazione tra evaporazione e contenuto idrico del suolo, rilevato nei primi 8 cm di profondità. I dati si riferiscono ad un oliveto adulto con sesto d'impianto 7x7 m e con ETo giornaliero pari a 8 mm. (da Fernández. & Moreno, 1999).

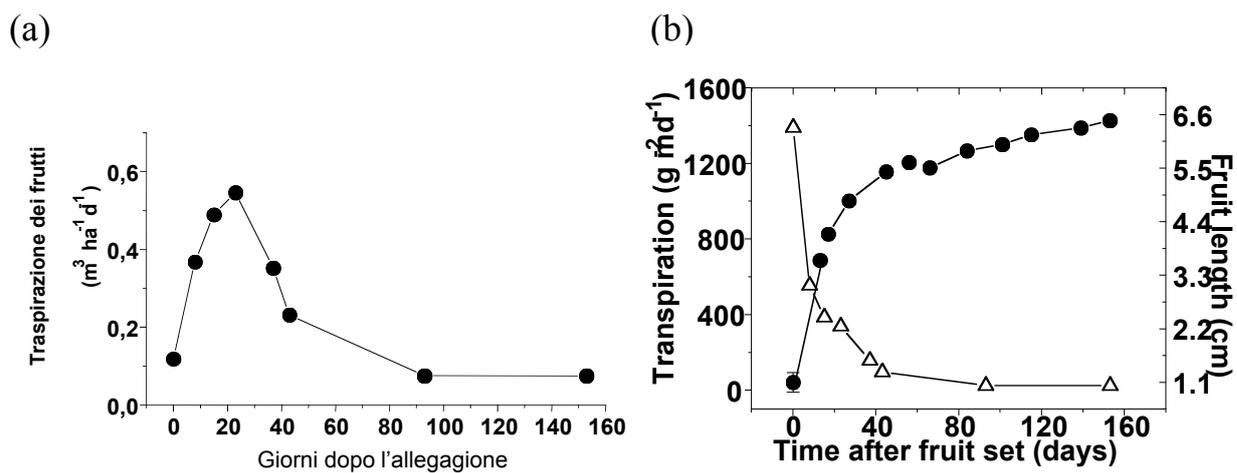


Figura 5 - Consumo idrico dei frutti nelle varie fasi della loro crescita (a), crescita (●) e traspirazione (□) del frutto durante il ciclo annuale (da Xiloyannis *et al.*, 1999).

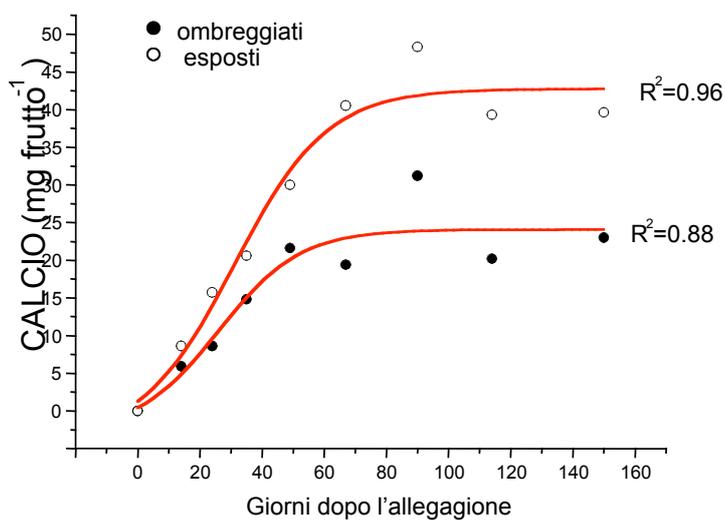


Figura 6- Evoluzione del calcio in frutti sottoposti a diverso regime radiativo (ombreggiati= < 20% luce incidente).

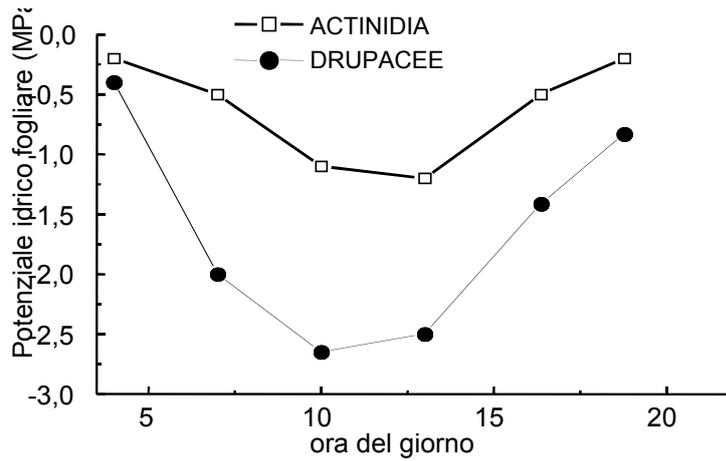


Figura 7 - Oscillazioni del potenziale idrico fogliare in piante di actinidia e drupacee ben irrigate.

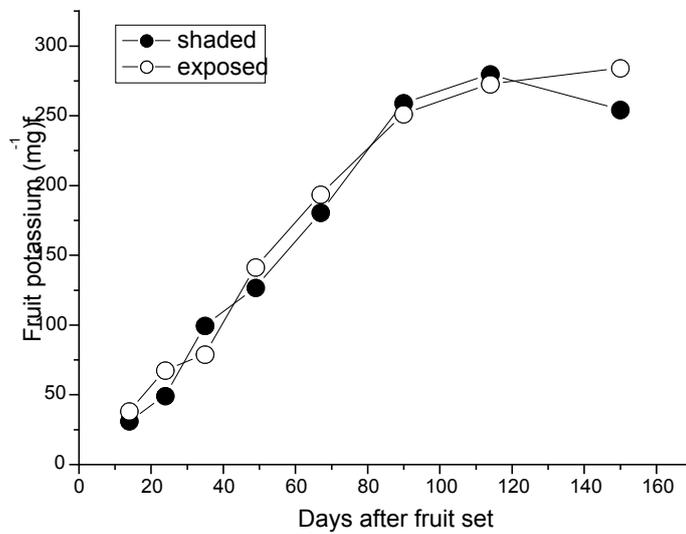


Figura 8 – Andamento del contenuto in potassio in frutti di actinidia esposti (□) ed ombreggiati (•).

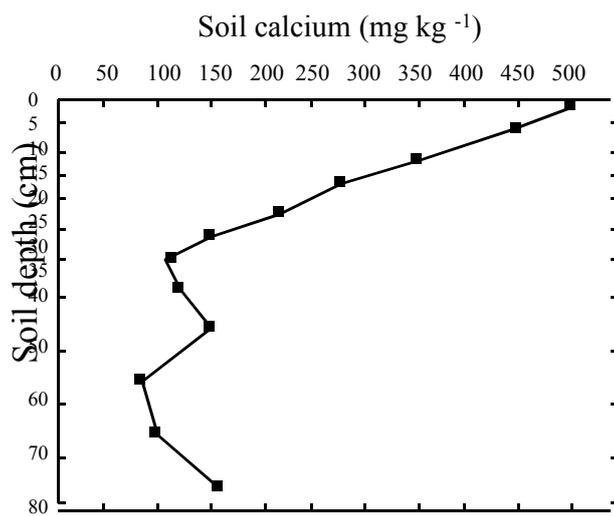


Figura 9 – Andamento del calcio assimilabile a diverse profondità del suolo (Da Ruben e Gallaher).

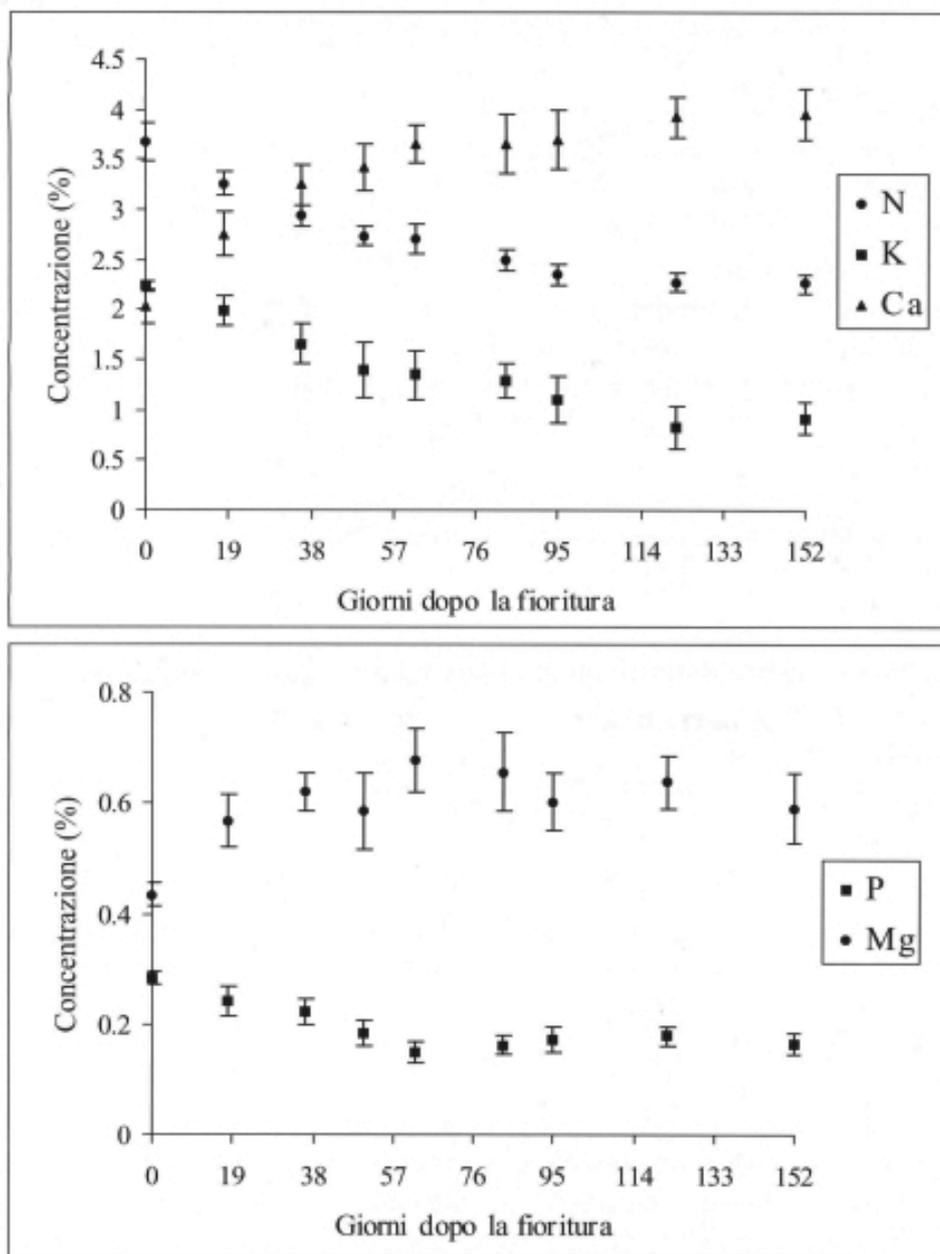


Figura 10. Andamento della concentrazione dei macroelementi in foglie di actinidia (cv. Hayward) durante il ciclo vegetativo. Le barre rappresentano l'errore standard (n=5). Fonte: Marangoni *et al.* 2003.