



Esigenze nutrizionali dell'olivo e fertilizzazione dell'oliveto





ARSIA • Agenzia Regionale per lo Sviluppo
e l'Innovazione nel settore Agricolo-forestale
via Pietrapiana, 30 - 50121 Firenze
tel. 055 27551 - fax 055 2755216/2755231
www.arsia.toscana.it
e-mail: posta@arsia.toscana.it

Antonio Cimato
Istituto per la Valorizzazione del Legno e delle Specie Arboree
Consiglio Nazionale delle Ricerche
via Madonna del Piano, edif. D - 50019 Sesto Fiorentino (FI)
e-mail: a.cimato@ivalsa.cnr.it

Elena Franchini
Assegnista CNR

Cristina Attilio
Assegnista CNR

Gli autori ringraziano Elisabetta Feci per la collaborazione
alla ricerca bibliografica, Graziano Sani e Ilaria Bizzarri
per i contributi alla produzione dei grafici e delle fotografie.

Cura redazionale, grafica e impaginazione:

Ⓢ LCD srl, Firenze

Stampa: Tipografia Il Bandino srl, Firenze

ISBN 88-8295-053-0

Fuori commercio, vietata la vendita

© Copyright 2004 Antonio Cimato, Elena Franchini, Cristina Attilio

Esigenze nutrizionali dell'olivo e fertilizzazione dell'oliveto

Antonio Cimato, Elena Franchini, Cristina Attilio
Istituto per la Valorizzazione del Legno e delle Specie Arboree
Consiglio Nazionale delle Ricerche

Sommario

Presentazione	7
Premessa	9
I. Suolo e radice	13
1. Il suolo	13
1.1. <i>Caratteristiche del suolo</i>	15
1.2. <i>Gestione del suolo</i>	21
2. La radice	26
2.1. <i>Crescita, sviluppo e distribuzione dell'apparato radicale dell'olivo</i>	27
2.2. <i>Apparato radicale e assorbimento</i>	32
2.2.1. <i>Assorbimento degli ioni</i>	33
2.2.2. <i>Assorbimento dell'acqua</i>	38
2.2.3. <i>Traslocazione e trasporto dalla radice verso altri organi della pianta</i>	39
Bibliografia	43
II. Esigenze nutrizionali dell'olivo	45
1. Determinazione delle esigenze nutritive	46
1.1. <i>Analisi del suolo</i>	47
1.1.1. <i>Metodologie del campionamento</i>	48
1.2. <i>Analisi fogliare</i>	58
1.2.1. <i>Fattori che influiscono sui risultati dell'analisi fogliare</i>	62
1.2.2. <i>Analisi fogliare: metodologia</i>	71
2. Esigenze nutritive dell'olivo	76
Bibliografia	80
III. Fertilizzare l'oliveto	83
1. La fertilità del terreno	83
1.1. <i>Fattori della fertilità</i>	85
1.2. <i>Elementi minerali (macro e micro elementi)</i>	87
1.3. <i>La sostanza organica</i>	91

2. Pianificazione della fertilizzazione	92
2.1. <i>I concimi</i>	95
2.1.1. <i>Concimi organici</i>	98
2.1.2. <i>Concimi minerali</i>	100
3. La fertilizzazione dell'impianto	104
3.1. <i>Modalità di fertilizzazione</i>	106
3.1.1. <i>La fertilizzazione al suolo</i>	107
3.1.2. <i>La concimazione alla pianta (fogliare)</i>	118
3.2. <i>La concimazione dell'oliveto</i>	123
3.2.1. <i>Concimazione di impianto (o di fondo)</i>	123
3.2.2. <i>Concimazione di allevamento</i>	124
3.2.1. <i>Concimazione di produzione</i>	125
Bibliografia	128
IV. Fertilizzazione e produzione	131
1. Agricoltura biologica e olivicoltura	131
1.1. <i>Gestione del suolo nell'olivicoltura biologica</i>	132
1.2. <i>L'inerbimento e la fertilizzazione dell'oliveto biologico</i>	133
2. Fertilizzazione e caratteristiche dell'olio	140
Bibliografia	142
V. Conclusioni	143

Presentazione

Da tempo la Comunità Europea e la Regione Toscana hanno intrapreso con l'emanazione e il recepimento di specifiche normative, la via delle produzioni biologiche ed eco-compatibili.

L'olivo è una coltura che ben si presta all'applicazione di queste tecniche ma non di meno richiede, in una realtà come quella toscana, una corretta attenzione ai diversi fattori colturali per non compromettere ulteriormente una produttività naturalmente non elevata.

Ecco quindi che la conoscenza del valore di un'appropriata fertilizzazione diviene basilare per l'olivicoltore per ottimizzare le rese dei suoi oliveti.

Esigenze nutritive della pianta, importanza e ruolo dei diversi elementi e della sostanza organica, rapporti tra fertilizzazione e qualità dell'olio, sono alcuni dei temi trattati in questo volume che si inserisce nella collana ARSIA "La qualità dell'olio d'oliva", realizzata con i progetti regionali per il miglioramento della qualità dell'olio extravergine di oliva.

Questo volume è l'edizione aggiornata del n. 18 della collana pubblicato nel 2002. La prima edizione è andata rapidamente esaurita e le numerose richieste ricevute ci hanno indotto a realizzare questa nuova edizione che ci auguriamo possa fornire al lettore utili conoscenze e spunti di riflessione per programmare e gestire la concimazione dei propri olivi.

Maria Grazia Mammuccini
Amministratore ARSIA

Premessa

Questo volume è stato preparato con lo scopo di attualizzare i contenuti della monografia *La fertilizzazione dell'oliveto* (Cimato & Franchini, 2002) e, nello stesso tempo, consegnando questo studio integrato da informazioni metodologiche relative alle esigenze nutrizionali dell'olivo e da moderni suggerimenti sulla fertilizzazione dell'oliveto, con lo scopo di aprire questa tematica al lettore per cercare il suo coinvolgimento nel momento in cui dovrà decidere le scelte di fondo per ottimizzare la sua produzione.

La corretta collocazione nel testo delle moderne acquisizioni sulle esigenze nutritive dell'olivo e sulla tecnica della fertilizzazione dell'oliveto richiede, nell'introduzione, una premessa e una semplice proposta.

La prima è necessaria per ribadire che le esigenze nutrizionali di questa pianta sono il risultato di un'articolata interazione tra l'ambiente pedoclimatico, nel quale insiste l'oliveto, la cultivar e le tecniche agronomiche; quindi, per riaffermare l'ampiezza delle relazioni che concorrono per ottimizzare l'efficienza produttiva della pianta. È evidente che il complesso sistema "suolo-pianta" è legato agli apporti idrici (prevalentemente dominati dalle precipitazioni naturali), agli interventi agronomici (quali gestione e lavorazioni del terreno, diserbo ecc.) e alle concimazioni organiche e minerali che, se realizzate con criteri di razionalità, assicurano continuità e stabilità al sistema. Sempre nella premessa, è anche importante sottolineare che la fertilizzazione dell'oliveto deve essere intesa come intervento colturale in grado di garantire stabilità al sistema e come scelta agronomica per ricostituire le riserve nutritive, per conservare la fertilità del terreno e, finalmente, per assicurare alle radici l'assorbi-

mento dei nutrienti necessari per armonizzare lo sviluppo della pianta e per ottimizzare la produzione.

In quest'ultima affermazione può essere individuata la questione centrale: le problematiche relative alle esigenze nutritive dell'olivo e alla tecnica della sua fertilizzazione non possono essere generalizzate. La grande variabilità orografico-territoriale che distingue gli ambienti olivicoli italiani in generale e "toscani" in particolare, mal sopporta facili semplificazioni e non permette di uniformare le scelte né, tanto meno, di ipotizzare che esperienze e/o risultati acquisiti in condizioni operative differenti possano essere suggerite per situazioni agronomiche peculiari. Così, la proposta iniziale al testo intende richiamare l'attenzione del lettore sul fatto che, accanto alle acquisizioni scientifiche recuperate dalla lettura del testo rimane sempre, e comunque, al tecnico la responsabilità decisionale sulle procedure da seguire, stabilendo – da zona a zona, e/o persino da azienda ad azienda – le regole per la fertilizzazione del "suo" oliveto evitando erronee generalizzazioni.

D'altra parte, è chiaro che esiste la difficoltà oggettiva di identificare l'effetto sulla produzione della pianta di una singola tecnica culturale, quale può essere la concimazione e di distinguere l'interazione con altri interventi agronomici (irrigazione, lavorazioni) e con le differenti variabili ambientali (temperatura, luce, vento, precipitazioni ecc.). Tutte queste considerazioni hanno suggerito di pianificare la fertilizzazione partendo dall'affermazione che oggi la nutrizione è vista con una concezione più moderna e più ampia. L'obiettivo non è solo quello di restituire al terreno gli elementi asportati, quanto quello di assicurare il loro assorbimento da parte delle radici e la loro traslocazione, per creare un "determinato" stato nutritivo "in particolari" organi (gemme, foglie, fiori, frutti), e per indirizzare la pianta nella direzione economicamente più conveniente (produzione di frutti). Così il testo, organizzato per dare risposte alla complessa realtà in cui è collocata l'olivicoltura toscana, è stato diviso in quattro capitoli.

Nel primo capitolo sono descritti il suolo e la radice, con riferimenti alle caratteristiche chimico-fisiche e alla gestione del suolo, nonché allo sviluppo del sistema radicale dell'olivo in relazione all'origine del materiale di propagazione, ai meccanismi di selettività e di assorbimento sia per l'acqua che per gli ioni.

Nel secondo capitolo, è stato affrontato il tema della determinazione, attraverso le analisi del suolo e fogliare, delle esigenze nutritive dell'olivo.

Nel terzo, è stata esaminata la complessa azione della fertilizzazione dell'oliveto (minerale e organica). Inoltre, sono state riportate informazioni sul ruolo degli elementi minerali (macro e micro elementi) e della sostanza organica, nonché sui concimi e sui criteri di pianificazione della fertilizzazione al terreno (minerale e organica) e/o alla pianta (fogliare). Si precisa che i valori che il lettore troverà nel testo, con indicata la letteratura, non possono che essere considerati indicativi di una tendenza, perché ottenuti da metodologie sperimentali diverse e da procedure analitiche non sempre ripetibili e/o confrontabili.

Infine, nel quarto capitolo, sono state indicate le procedure per un'olivicoltura più rispettosa del territorio (produzione biologica) e le relazioni tra fertilizzazione dell'oliveto e caratteristiche qualitative dell'olio prodotto. Quest'ultima riflessione, seppur collocata alla fine del testo, in realtà è prioritaria: la tecnica della fertilizzazione coinvolge il metabolismo della pianta e, di conseguenza, incide sulla maturazione del frutto e su tutte quelle caratteristiche (chimico-organolettiche) che rendono l'olio extravergine d'oliva diverso dagli altri grassi vegetali e quindi preferito dagli attenti consumatori.

Antonio Cimato

I. Suolo e radice



Nel primo capitolo il testo prenderà in esame le strette relazioni tra le caratteristiche chimico-fisiche del suolo, che concorrono a determinare lo stato di fertilità del terreno agrario e il sistema radicale dell'olivo. Di quest'ultimo, oltre a informare su come si sviluppa e si distribuisce nel terreno, nei paragrafi specifici saranno indicati i complessi meccanismi che si attivano per l'assorbimento dell'acqua e di tutti i nutrienti al fine di assicurare alla pianta un corretto sviluppo vegetativo e una produzione continua negli anni.

1. Il suolo

Il suolo, costituito da sostanze minerali e organiche, è sede di attività biologiche, di processi chimici e fisici che ne determinano un'evoluzione continua nel tempo. Il terreno agrario, quindi, al contrario del substrato pedogenetico¹ dal quale deriva, non è solo un semplice ammasso di detriti minerali provenienti dall'alterazione delle rocce, ma può essere considerato e studiato come "entità naturale", più o meno modificata dall'azione naturale e antropica, che possiede una propria storia, un'organizzazione, una tendenza evolutiva e un insieme di proprietà (*Land Qualities*) in grado di garantire alle piante ospitalità e rifornimento di nutrienti per permetterne lo sviluppo e una costante attività produttiva.

Le qualità di un territorio (*Land Qualities*) e la stima della sua

attitudine ad esaltare determinate produzioni sono, in genere, espresse in base a caratteristiche fisiche permanenti del territorio stesso, quali ad esempio: regime di temperatura del suolo, disponibilità idrica nel corso della stagione, conducibilità termica del suolo, disponibilità di elementi nutritivi e di ossigeno negli strati esplorati dalle radici, presenza di fattori limitanti l'espansione radicale e di fattori di tossicità, lavorabilità dei terreni, erosione e/o rischi di erosione, fenomeni di sedimentazione e di alluvione (Costantini et al., 1996). Alcune di queste caratteristiche rispondono a specifiche richieste della coltura, altre sono indicative della gestione del suolo e della conservazione dell'ambiente.

A titolo di esempio, nella *tab. 1*, si riportano le "qualità dei suoli" indicate per gli oliveti andalusi (Troncoso, 1998).

Questa breve introduzione è sufficiente per chiarire che quando si desidera valutare l'attitudine produttiva di un terreno agrario e, soprattutto, quando si vuole esaltarla attraverso le pratiche agronomiche (lavorazioni, irrigazione, somministrazione di fertilizzanti ecc.), la conoscenza delle caratteristiche chimico-fisiche del suolo riveste un'importanza particolare.

Tab. 1 - Principali caratteri chimici e fisici di terreni sivigliani in cui l'olivo ha mostrato una buona produzione e un accrescimento soddisfacente

Tessitura	Sabbia 45-75% Limo 5-35% Argilla 5-35%
Struttura	Glomerulare
Ritenzione idrica	30-60% secondo il metodo di Lambe (corrisponde a 10-25% di umidità)
Permeabilità	10-100 mm/h
pH	Intorno a 7
Sostanza organica	> 1%
Azoto	> 0,10%
Fosforo assimilabile	5-35 ppm
Potassio scambiabile	50-150 ppm
Calcio scambiabile	1.650-5.000 ppm
Magnesio scambiabile	10-200 ppm
Fonte: elaborazione da Troncoso, 1998.	

1.1. Caratteristiche del suolo

Il suolo agrario non deve essere considerato un semplice supporto colturale ma, piuttosto, un'entità naturale in equilibrio con le piante. Tutte le informazioni che sono in grado di definire le caratteristiche chimiche, fisiche e biologiche del suolo e che concorrono a determinare il suo stato di fertilità, debbono essere inserite in un quadro analitico più ampio, considerato che la disponibilità e l'assunzione degli elementi nutritivi e dell'acqua sono largamente condizionate dalla dinamica (chimica e biologica) del suolo e da fattori esterni, quali, ad esempio, le pratiche agronomiche (tipo di lavorazione del suolo, fertilizzazione, sistemi irrigui ecc.) e le condizioni climatiche (piogge, umidità, radiazioni, venti, temperature ecc.).

Tra i diversi parametri utili a definire le caratteristiche del suolo sono indispensabili:

a) *Granulometria o tessitura*: rappresenta la parte solida del terreno ed è espressa come distribuzione percentuale in peso delle particelle elementari che lo compongono. Questa proprietà fisica non è modificabile con le normali pratiche agronomiche se non intervenendo con arature profonde, le sole in grado di rimiscolare strati di terreno a tessitura diversa.

Per indicare la granulometria sono state proposte numerose classificazioni; di queste, come esempio, si riporta la classificazione adottata dall'*United States Department of Agriculture* (USDA). Secondo tale sistema, una prima distinzione della parte solida del terreno separa lo scheletro (elementi più grossolani) dalla terra fine. Le particelle superiori a 2 mm costituiscono lo scheletro, tutte quelle al di sotto di queste dimensioni la terra fine, suddivisa nelle seguenti frazioni: sabbia grossa (\emptyset compreso fra 2 e 0,2 mm), sabbia fine (\emptyset compreso fra 0,2 e 0,05 mm), limo (\emptyset compreso fra 0,05 e 0,002 mm) e argilla (\emptyset inferiore a 0,002 mm). Una volta determinate le percentuali di sabbia, limo e argilla, per stabilire la tessitura di un terreno, è necessario avvalersi del triangolo rappresentato graficamente in *fig. 1*.

Trattasi di triangolo equilatero che riporta, sui lati, valori da 0 a 100 delle frazioni di sabbia, limo e argilla. All'interno del triangolo è definita una serie di poligoni, ognuno dei quali individua una specifica classe di tessitura. Qualora, ad esempio dall'analisi del terreno risulti la presenza del 13% di argilla, 17% di limo e 70% di sabbia, secondo questa classificazione il terreno

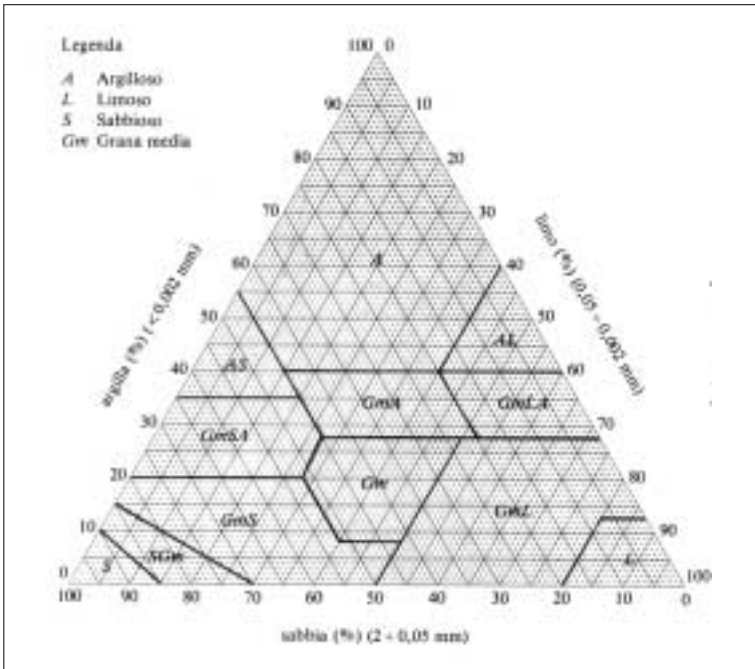


Fig. 1 - Classificazione del terreno in base alla granulometria, secondo il metodo del Soil Survey americano (USDA)

rientrerebbe nella categoria di “terreno sabbioso”. Per arrivare a questa determinazione occorre segnare sulla linea dell’argilla il corrispondente al valore del 13% e tracciare da esso una parallela alla base del triangolo. Analogamente, individuato il punto che corrisponde al 17% di limo, occorre tracciare da questo punto una retta parallela al lato che segna i valori dell’argilla fino a quando le due rette s’incrociano. Tale punto indica che il campione rientra nell’area classificata come “terreno sabbioso”. Posto che, del campione preso in esame, si volesse determinare la percentuale della sabbia, basta tracciare dal punto precedentemente individuato, la linea parallela al lato del limo e avere così la conferma che si tratta di terreno con il 70% di sabbia.

Di seguito, a titolo d’esempio, si riportano alcune tra le più usuali classi di tessitura definibili con questa metodologia.

- *Terreno a scheletro prevalente:* si tratta di suolo ricco di pietre e ciottoli; trattiene poco l’acqua ed ha scarsa presenza in elementi nutritivi, soprattutto azoto e potassio. I processi ossi-

dativi sono elevati, mentre il tenore di *humus*² è sensibilmente inferiore a quello riscontrabile in suoli aventi una composizione granulometrica con prevalenza di terra fine. Richiede frequenti interventi irrigui e abbondanti concimazioni. L'azoto, in particolare, è trasportato in profondità dalle acque di percolazione rendendosi indisponibile alle piante.

- *Terreno sabbioso*: la sabbia supera il 50-60% in peso della terra fine. Tale terreno possiede un'elevata macroporosità, è molto permeabile, è dotato di debole capacità idrica; è soffice e arieggiato perciò mineralizza facilmente la sostanza organica e risulta così povero di elementi nutritivi.
- *Terreno limoso*: contiene più dell'80% di limo. Tale costituente non possiede capacità d'aggregazione con le altre particelle del suolo, quindi il terreno limoso si considera mal strutturato e di non facile coltivazione. È anche povero di elementi nutritivi ed è caratterizzato da modesta permeabilità perché genera una crosta superficiale che causa ristagno d'acqua.
- *Terreno argilloso*: l'argilla supera il valore del 40% e, come caratteristica principale, è terreno ben dotato di elementi nutritivi (in particolare di potassio). Trattiene elevati quantitativi d'acqua che gli conferiscono notevole plasticità quando è umido e forte coesione fra le particelle quando è secco. È terreno che necessita di una buona struttura altrimenti diventa asfittico, impermeabile e pregiudica la stessa sopravvivenza delle piante.

Dal punto di vista della tessitura, un terreno agrario ritenuto "ideale" dovrebbe essere costituito da sabbia, limo e argilla in proporzioni tali che le caratteristiche fisico-chimiche delle singole frazioni non prevalgano l'una sull'altra, ma si completino (per es. contenere dal 35 al 55% di sabbia, dal 25 al 45% di limo, dal 10 al 25% di argilla e una frazione trascurabile di scheletro).

b) Struttura: rileva il modo in cui le diverse particelle che compongono il terreno si aggregano in agglomerati. Essa assume un ruolo importante perché condiziona la lavorabilità dei terreni e la fertilità, sia da un punto di vista fisico, in quanto permette un'elevata porosità, per cui regola la penetrazione, la circolazione dell'aria e i rapporti con l'acqua, sia dal punto di vista chimico, dato che agisce sulla quantità e disponibilità dei nutrienti e, di conseguenza, sulla vita delle piante.

c) *pH*: indice chimico che misura la reazione della soluzione circolante³ del terreno evidenziandone, a seconda del prevalere degli ioni idrogeno (H^+) o degli ossidrili (OH^-), le condizioni di "acidità" o "basicità". La reazione del pH è in grado di agire sulla fertilità chimica⁴ del suolo in quanto regola sia l'assimilabilità⁵ degli elementi nutritivi, sia la loro mobilità: entrambe risultano compromesse quando l'indice raggiunge valori estremi.

In linea generale, la disponibilità dei nutrienti è maggiore per azoto, fosforo, potassio, calcio, magnesio e zolfo, con valori medi di pH compresi tra 6,5 e 7,5; pH inferiori a 6,5 favoriscono, invece, la disponibilità di rame, zinco, boro, manganese e ferro mentre, per valori superiori a 7,5 solo il molibdeno aumenta la sua disponibilità alle radici. Comunque, è evidente che ciascuna specie vegetale predilige suoli con un determinato campo di pH, al di fuori del quale la pianta cresce stentatamente oppure muore.

In relazione ai diversi valori di pH, i terreni agrari si suddividono in:

- *terreno acido*: pH < 5,9
- *terreno sub-acido*: pH 6,0-6,7
- *terreno neutro*: pH 6,8-7,2
- *terreno subalcalino*: pH 7,3-8,1
- *terreno alcalino*: pH > 8,2.

d) *Capacità di scambio cationico* (Csc): proprietà dell'*humus* e dell'argilla di assumere, trattenere e scambiare anioni e cationi presenti nella soluzione circolante del terreno rendendoli disponibili alla radice.

e) *Calcare totale e calcare attivo*: rappresentano rispettivamente la totalità dei carbonati ($CaCO_3$) presenti nel suolo e la frazione solubile di essi. Sono considerati calcarei i suoli che ne contengono più del 5% e in questo caso è opportuno ricorrere a interventi mirati a ridurre tale presenza (ammendamento del terreno⁶). Se il valore del calcare attivo, frazione di carbonato di calcio ($CaCO_3$) reattiva che provoca l'insolubilizzazione del ferro disponibile nel terreno, supera la soglia del 6-7%, le piante manifestano ingiallimenti fogliari (clorosi per alterata attività clorofilliana), riduzione dello sviluppo dei germogli e drastica riduzione della produzione. La letteratura (*Baldini, 1971*) segnala che, per le piante arboree da frutto, i limiti di tollerabilità sono diversi (3% per il castagno; 15% per il melo) e più elevati per l'o-

livo. La determinazione del contenuto di calcare totale nel terreno è utile anche per una corretta interpretazione del valore del pH. Qualora questo indice chimico risulti superiore a 7 e nel suolo sia scarsa la presenza del calcare attivo, l'interpretazione più corretta è quella di presumere un'elevata presenza di ioni alcalini nella soluzione circolante del terreno.

f) Sostanza organica: componente del terreno costituita dalla mescolanza dei residui animali e vegetali in esso incorporati; essa, per azioni diverse, subisce un continuo processo evolutivo naturale (es. umificazione al suolo delle foglie cadute) e/o artificiale (es. apporto al terreno di letame, e/o materiali organici diversi ecc.). Tale processo, legato alla specificità dei microrganismi presenti nel suolo, agli eventi meteorologici e alle pratiche agronomiche (lavorazioni, concimazioni, irrigazioni ecc.) porta, come risultato finale, alla formazione nel terreno di "nuova sostanza minerale" disponibile alla pianta.

In base al contenuto di sostanza organica (valore percentuale), il terreno agrario si può classificare in:

- *povero:* < 1,5%
- *dotato sufficientemente:* 1,5-2,5%
- *ben dotato:* 2,6-3,5%
- *ricco:* > 3,5%.

È buona regola considerare coltivabile un terreno quando la dotazione in sostanza organica è prossima al 2%.

g) Acqua: elemento principale che interagisce sulle caratteristiche chimiche, fisiche e biologiche del suolo e, in conseguenza di ciò, concorre a determinare il suo stato di fertilità. L'acqua, infatti, è essenziale nella formazione ed evoluzione del terreno "agrario", nell'attività dei microrganismi, nella solubilizzazione della matrice inorganica e organica e, finalmente, nella circolazione e nel trasporto della soluzione del terreno alla superficie radicale. Essa favorisce così l'assorbimento degli elementi nutritivi e la nutrizione della pianta. La corretta conoscenza dell'azione dell'acqua contenuta nello strato di terreno esplorato dalle radici è necessaria per poter compilare un bilancio aziendale di gestione di questa risorsa. Tale informazione si ottiene esaminando le seguenti costanti idriche:

- *capacità idrica di campo (CIC):* coincide con la quantità di acqua che un terreno può trattenere senza apprezzabili per-

dite dovute alla percolazione;

- *punto di appassimento (PAP)*: rappresenta l'acqua contenuta nel suolo al punto in cui la pianta comincia ad appassire stabilmente (blocco della fotosintesi), perché la forza con la quale viene trattenuta dal terreno è superiore a quella di suzione radicale;

- *contenuto acqua disponibile (CAD)*: è la frazione di acqua che le piante sono in grado di assorbire; è espresso come millimetri di acqua contenuti in un metro di profondità del suolo.

Quest'ultimo valore, che dipende dalla tessitura del terreno e da molti altri fattori, è maggiore nei suoli limosi e argillosi mentre ha valori inferiori in quelli sabbiosi. Entro i limiti di poca o troppa acqua, la crescita delle piante è proporzionale al contenuto di acqua disponibile (CAD); con l'aumentare dell'acqua nel suolo, dal punto di appassimento alla capacità di campo, si accerta un aumento dell'assorbimento di ioni nutritivi, con conseguente più pronta risposta alla fertilizzazione anche da parte dei terreni meno fertili. Per concludere il paragrafo relativo alle caratteristiche del suolo agrario, in relazione alla fertilizzazione dell'oliveto, occorre evidenziare l'azione della falda⁷, che sarà esaltata secondo la profondità e la presenza o meno nel terreno di un idoneo sistema sotterraneo di drenaggio⁸.

Una falda acquifera che interessi lo strato di terreno esplorato dalle radici, può essere vantaggiosa quando è tenuta a profondità adeguata, sebbene tale vantaggio dipenda dalla specie in coltura e dalla frequenza e dalle procedure delle lavorazioni: su terreno adeguatamente lavorato, l'apporto dell'acqua di falda è garantito; viceversa, il contributo è minore, in valore assoluto, se non dannoso alla coltura, nel caso di terreni costipati o di falde troppo vicine alla superficie. Falde troppo superficiali creano, infatti, situazioni di deficienza di aerazione e di ridotta disponibilità di ossigeno necessario all'attività delle radici; inoltre, l'attiva decomposizione dei residui vegetali incrementa nel terreno la presenza di prodotti tossici con modifiche a carico del sistema chimico e della microflora⁹, creando le premesse per una maggiore suscettibilità della pianta e, soprattutto, della radice ad attacchi parassitari (marciumi al colletto¹⁰ e/o alle radici da alterazioni fungine).

L'azione negativa si traduce in fenomeni che mortificano l'accrescimento e la produzione della pianta e, nei casi più gravi, è compromessa la stessa stabilità della struttura del terreno



Terreni lavorati e pronti per l'impianto dell'oliveto

agrario. Tutte queste manifestazioni, evidentemente, confermano la necessità di intervenire tempestivamente con azioni efficaci sulla gestione del suolo.

1.2. Gestione del suolo

Le attività comprese nella “gestione del suolo” hanno comportato, per anni, lavorazioni intensive e spesso disorganizzate. In pratica, tali scelte hanno causato conseguenze negative tali da ridurre i vantaggi e le funzioni primarie che sono legate alle lavorazioni del terreno. Gli effetti più immediati sono stati: il progressivo impoverimento del terreno in sostanza organica, la comparsa di fenomeni di clorosi ferrica, la formazione della “suola di lavorazione” e l'aumento delle malerbe perenni.

Nel tempo, le ripercussioni dovute a tali scelte sono state l'aumento dei fenomeni erosivi, in particolare nelle aziende di collina, e, di conseguenza, dei costi per la gestione del suolo. Il perdurare di questi fenomeni ha spinto gli agricoltori a ridimensionare il numero e il tipo di interventi meccanici.

Oggi, è convincimento generale che, per la migliore gestione del suolo è indispensabile basarsi su tecniche che rispettino l'attività microbiologica, assicurino adeguati scambi idrici e gassosi

fra terreno e atmosfera, garantiscano una buona portanza meccanica e limitino gli effetti negativi della compattazione. Più nello specifico, la buona gestione del suolo dovrà porsi come obiettivi di ottimizzare lo sfruttamento dell'acqua piovana, di contribuire alla difesa da fenomeni di erosione (*Pastor, 1989a, 1989b*), di facilitare la realizzazione delle differenti tecniche colturali e di migliorare le disponibilità dei nutrienti essenziali per ottimizzare le risorse naturali (*Tombesi, 2000; Pastor & Guerrero, 1990*).

Gli interventi agronomici maggiormente utilizzati per la gestione del suolo sono:

- suolo nudo e lavorazioni ordinarie periodiche e superficiali;
- suolo nudo senza lavorazioni e controllo delle erbe infestanti con erbicidi¹¹ (non lavorazione) (*Saavedra et al., 1986; Pastor, 1990*);
- copertura vegetale totale o parziale (inerbimento), permanente o temporanea, con sfalcio¹² periodico delle erbe sviluppate (*Blevins et al., 1986*).

Le lavorazioni ordinarie (periodiche e superficiali) hanno una posizione di particolare rilievo. Se questi interventi meccanici sono tempestivi e realizzati a profondità diverse (10-20 cm) garantiscono, negli strati dei terreni più coerenti¹³, un'estesa macro zollosità e un aumento, almeno temporaneo, della conducibilità idrica e dell'infiltrazione dell'acqua (valorizzazione delle precipitazioni).

Con le lavorazioni ordinarie sono, inoltre, assicurati: un aumento del volume dei macropori¹⁴ destinati agli scambi gassosi; una limitazione dei fenomeni di costipamento; un discreto controllo delle erbe infestanti; un congruo risparmio energetico (minori costi meccanici) e, soprattutto, un effetto benefico sullo sviluppo dell'apparato radicale e sulla produttività della pianta (*Pastor et al., 1995*). In genere, per trovare gli interventi più adatti alla realtà aziendale, le scelte sono programmate riferendosi ai mezzi meccanici disponibili, alla natura e giacitura del terreno e alle condizioni climatiche di una determinata zona. È consigliabile, tuttavia, effettuare non più di 3-4 lavorazioni in tutto l'anno e di non superare la profondità di 10-20 cm in modo da non danneggiare seriamente l'apparato radicale dell'olivo, che è piuttosto superficiale.

La prima lavorazione, eseguita a fine inverno (dopo la raccolta delle olive), deve avere come obiettivi quelli di rompere lo strato compatto del terreno e di favorire l'aerazione e la pene-

trazione dell'acqua piovana. Un intervento razionale favorisce, difatti, la migliore distribuzione dell'acqua a diversa profondità del suolo (*fig. 2*) garantendo disponibilità idriche anche alle radici presenti negli strati profondi (*Pastor, 1989a*). Lavorazioni energiche e frequenti, viceversa, sono dannose in quanto accelerano la mineralizzazione, impediscono i processi di umificazione e di distruzione della sostanza organica e in particolare, nei terreni argillosi e limosi, turbano l'assetto della struttura del suolo con il rischio del suo compattamento. Gli altri interventi di erpicatura¹⁵, compiuti in primavera-estate, servono a interrare i concimi, ad eliminare le infestanti e a ottimizzare le risorse idriche durante il periodo vegetativo, limitando la perdita di acqua già infiltrata per risalita capillare¹⁶ (*Pastor, 1989b; Pastor et al., 2000*).

Per ottimizzare la gestione del suolo, oltre a questi interventi ordinari, in olivicoltura, così come in viticoltura e frutticoltura, sono state proposte tecniche alternative riconducibili alla "non lavorazione" del terreno (controllo delle erbe infestanti con erbicidi) o all'inerbimento dell'impianto.

Non lavorare il terreno aumenta la portanza¹⁷ permettendo, al tempo stesso, la crescita indisturbata delle radici nello strato più superficiale. Inoltre, è stato verificato (*Pastor, 1989a*) che la quantità di acqua presente in terreni non lavorati è maggiore rispetto a quelli sottoposti a periodiche lavorazioni (*fig. 2*).

Il passaggio delle macchine causa, infatti, a una certa profondità, la formazione di zone compatte e poco permeabili (basamenti di lavoro) per cui l'infiltrazione dell'acqua risulta sempre più lenta rispetto alle condizioni che incontra nei terreni non lavorati quando si forma la crosta. Il limite di questa scelta tecnica (non lavorazione) sta nella necessità di un uso eccessivo di diserbanti. Il totale controllo delle infestanti è, peraltro, proponibile solo in ambienti aridi e privi di irrigazione; la quantità di diserbanti necessari per sostenere la tecnica della non lavorazione comporta, infatti, drammatici effetti sul piano biopedologico e su quello fisico-meccanico del suolo.

La maggiore attenzione rivolta oggi ai problemi ambientali ha fortunatamente convinto gli operatori ad applicare tecniche alternative al diserbo chimico; tra l'altro, è importante ribadire che l'uso degli erbicidi non è autorizzato né nella pratica della "agricoltura biologica"¹⁸, né nella "produzione integrata"¹⁹.

Per una olivicoltura "ecocompatibile"²⁰, l'inerbimento è la tec-

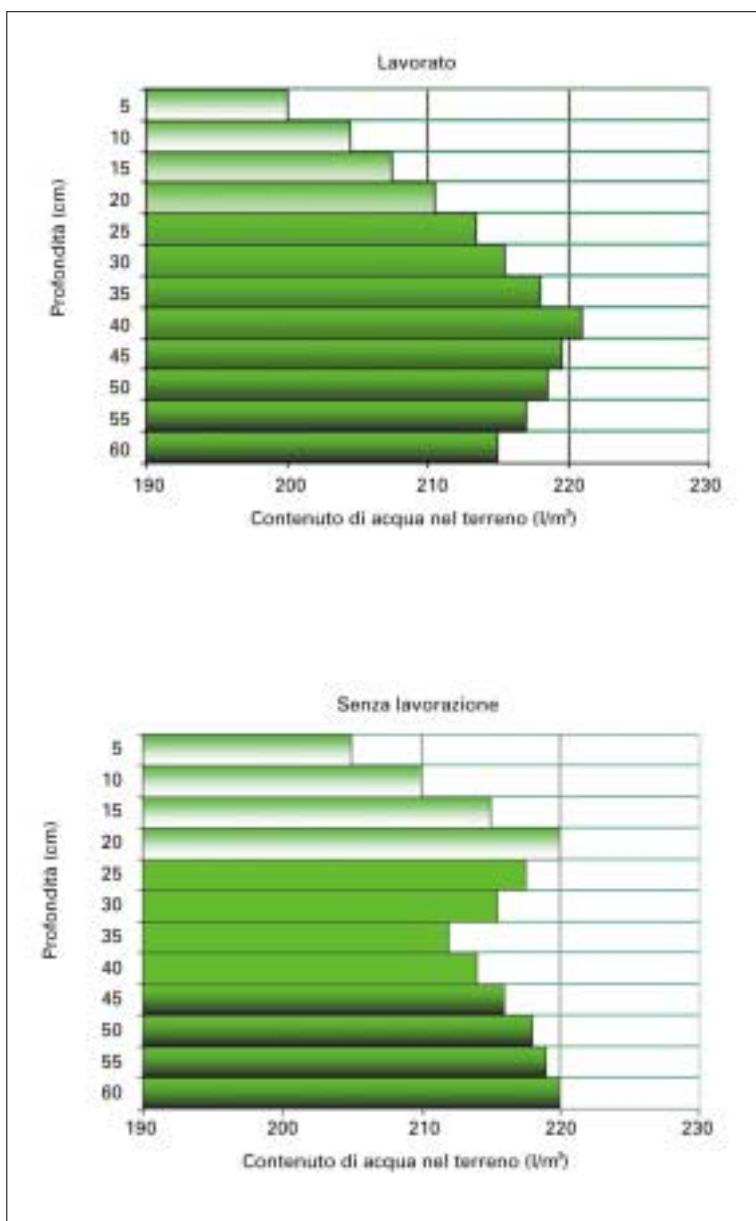


Fig. 2 - Quantità di acqua (l/m^3) misurata a diversa profondità (cm) in suoli con oliveti sottoposti a "periodiche lavorazioni ordinarie" o "non lavorati" (Pastor, 1989a)

nica di gestione del suolo più appropriata poiché è in grado di limitare la necessità di apporti nutritivi esterni per sostenere la produttività delle piante. Difatti, tale pratica non solo è in grado di accrescere la disponibilità di sostanza organica nella zona più superficiale del suolo ma, con il passare degli anni, tale disponibilità aumenta l'apporto organico anche negli strati più profondi del suolo per effetto del continuo rinnovamento delle radici del cotico erboso. Il prato, una volta stabilizzato, restituisce agli strati superficiali del terreno elementi minerali, mentre i residui delle radici e gli stessi essudati radicali, con la loro mobilitazione, arricchiscono gli strati più profondi. L'inerbimento, inoltre, consente di limitare il dilavamento dei nitrati e svolge una funzione di regolazione della disponibilità di azoto nel terreno.

A questo punto occorre sottolineare che se è indubbio che la presenza del cotico erboso assicura nel terreno un bilancio sostanzialmente positivo per la sostanza organica, nello stesso tempo è importante valutare la disponibilità dei diversi elementi nutritivi in modo da evitare situazioni di squilibrio. In questi casi particolari, sarà necessario correggere adeguatamente gli apporti nutrizionali all'impianto e scegliere specie erbacee che assicurino una più equilibrata disponibilità dei nutrienti. Nei terreni calcarei, per esempio, il ricorso all'inerbimento rappresenta una valida pratica agronomica perché tale scelta è in grado di limitare gli inconvenienti della clorosi ferrica. Le graminacee presenti nel prato, infatti, producono essudati radicali capaci di complessare e solubilizzare il ferro, che, in questo modo, è maggiormente disponibile per le radici. In zone a sufficiente piovosità, il ritorno al prato stabile, gestito con sfalcio senza asportazione dell'erba, in dieci anni, può aumentare del 1% la disponibilità di *humus* in uno strato di suolo di circa 10 cm (Zucconi, 1996).

Gli effetti utili dell'inerbimento riguardano anche il miglioramento della struttura del suolo e il drenaggio, la creazione di condizioni fisico-chimiche favorevoli allo sviluppo delle radici in superficie, alla transitabilità delle macchine e, fattore non trascurabile, alla più facile tutela del territorio e dell'ambiente (Blevins et al., 1986).

L'aspetto limitante di tale tecnica è, invece, individuato nella competizione idrica e nutrizionale che si stabilisce tra l'olivo e il miscuglio delle erbacee che costituiscono il cotico.

Nei nostri climi mediterranei tale competizione è stata accertata per le piantagioni giovani e, soprattutto, nei primi anni del-

l'impianto. In questo periodo, è evidente che il giovane apparato radicale degli alberi ha sviluppo prettamente superficiale ed è in grado di esplorare gli stessi strati del suolo occupati dalle radici delle piante erbacee. In ogni caso, è consigliabile adottare questa tecnica di gestione del suolo a partire dal quinto anno dopo l'impianto; con tale scelta, si può evitare che la competizione idrico-nutritiva, esercitata dal tappeto erboso, impedisca il regolare accrescimento delle giovani piante di olivo (*Civantos et al., 1981; Lopez-Cuervo, 1990; Tombesi, 2000*).

Negli impianti adulti, i periodi critici di competizione tra gli apparati radicali si verificano in primavera e in estate; in questi casi è raccomandabile evitare qualsiasi competizione nutritiva e idrica in quanto integrazioni esterne sono difficoltose a meno che l'azienda non disponga di adeguate risorse idriche. Soluzioni alternative possono essere: l'inerbimento parziale dell'impianto (in zone lontane dalle radici), oppure l'inerbimento temporaneo in autunno e inverno.

2. La radice

La radice, oltre alla ben nota funzione di assicurare un adeguato "ancoraggio" al suolo, assolve il compito di assorbire dal terreno l'acqua e gli elementi minerali in esso presenti. In terreni omogenei, il sistema radicale dell'albero adulto è distribuito in modo uniforme intorno all'asse della pianta; esso si presenta molto espanso e poco profondo, mentre la massa delle radici assorbenti occupa, prevalentemente, la zona di suolo oltre la proiezione della chioma.

Se queste definizioni sono generiche per l'olivo, così come per tutte le altre piante arboree, è evidente che per chiarire l'organizzazione della radice, struttura differenziata e fondamentale per la vita della pianta, una particolare attenzione andrà rivolta alla sua crescita, al suo sviluppo e alla sua distribuzione nel tempo e nel profilo del suolo.

Di seguito, saranno esaminate le fasi di crescita dell'apparato radicale e i meccanismi di assorbimento e di trasporto dell'acqua e degli ioni, in relazione a fattori genetici (caratteristici quindi della specie) e agronomici (caratteristiche fisico-chimiche del suolo, disponibilità idriche del terreno, tecnica colturale, lavorazioni ecc.). Ciò nella convinzione che una buona confor-

mazione e distribuzione dell'apparato radicale, legata a un'attiva domanda metabolica della parte aerea, rappresentino, per l'olivo, i presupposti fondamentali per favorirne la produttività.

2.1. Crescita, sviluppo e distribuzione dell'apparato radicale dell'olivo

Nell'olivo, così come nelle piante arboree sempreverdi, lo sviluppo e la distribuzione dell'apparato radicale hanno un andamento ciclico che si alterna con la parte epigea; entrambi sono regolati dal metabolismo della pianta, da fattori genetici e dalla tecnica agronomica. Le radici, difatti, non sono strutture statiche, al contrario, esse trasmigrano continuamente nel suolo alla ricerca d'acqua, ossigeno e di elementi nutritivi. La differente natura pedologica dei terreni e la diversa disponibilità di nutrienti (acqua e ossigeno compresi) fanno sì che le radici della pianta si accrescano nel terreno seguendo modelli molto distinti, raggiungano gradi diversi di specializzazione e nello sviluppo risentano di fattori condizionanti quali: l'età della pianta, le caratteristiche intrinseche dei suoli, la stagionalità, la cultivar, l'origine del materiale di propagazione, la presenza di micorrizze e le pratiche agronomiche.

Le piante giovani sono dotate di un apparato radicale caratterizzato da una forte spinta vegetativa, in grado di occupare nicchie di suolo favorevoli anche lontane dal tronco. In questo modo la pianta, pur impegnando un ingente quantitativo di energia, si organizza per far fronte ad eventuali condizioni avverse e solo dopo aver terminato questa fase di espansione entra in maturità e produce.

L'effetto della nutrizione minerale sullo sviluppo e sulla crescita dell'apparato radicale dell'olivo è scarsamente documentato. In ogni caso, si può affermare che tale struttura differenziata è notevolmente plastica nelle risposte ai diversi stati nutritivi del terreno: la massa assorbente necessaria alla pianta risulta inversamente proporzionale alla fertilità del suolo. Quando occupa terreni poveri o non sufficientemente fertili, la radice si ramifica costantemente e in modo intensivo, costringendo la pianta a un notevole dispendio di energie; sono esplorati volumi di suolo sempre maggiori tanto che la massa radicale supera quella aerea. In suoli fertili, invece, l'apparato radicale, non avendo necessità di svilupparsi in modo eccessivo, raggiunge una massa assorbente prossima alla metà del volume della parte aerea.

Per quanto riguarda il contenuto dei singoli elementi minerali nel terreno, la letteratura informa che questi hanno effetti diversi sulla crescita delle radici: azoto e fosforo stimolano lo sviluppo, il potassio non ha mostrato effetti particolari, mentre carenze di calcio nei profili più profondi del suolo inibiscono l'estensione delle radici primarie. Anche una buona dotazione di sostanza organica nel terreno agisce positivamente sulla crescita dell'apparato radicale, perché riduce la resistenza del terreno alla penetrazione delle radici (compattezza) e aumenta la capacità di ritenzione dell'acqua.

Le caratteristiche fisiche del terreno esercitano un'influenza preponderante sulle radici: queste, infatti, non si sviluppano dove l'aerazione è limitata perché è ridotta la respirazione e, nello stesso tempo, sono prodotte e accumulate sostanze tossiche per la pianta. In condizioni di falda alta la colonizzazione delle radici è superficiale, poiché la saturazione del terreno crea un ambiente asfittico. Ciò spiega la necessità, in simili situazioni agronomiche, di intervenire con un razionale drenaggio per eliminare l'eccesso di umidità e ottimizzare lo stato di ossigenazione del suolo. Un idoneo sistema di drenaggio, consentendo una più profonda distribuzione delle radici nel terreno, permette alla pianta di sfruttare un maggiore volume di terra conferendole una particolare resistenza nei periodi di siccità o quando la presenza dell'umidità, negli strati più superficiali del terreno, è ridotta.

Infine la crescita delle radici dipende dai frequenti cambiamenti stagionali a cui è soggetto il suolo, in relazione alle temperature (limite minimo di 2°C e massimo di 27°C): in primavera, il maggior accumulo idrico del suolo può rallentare il riscaldamento del terreno e, conseguentemente, la crescita dell'apparato radicale; durante l'estate, seppure le temperature del suolo sono certamente più favorevoli, l'accrescimento risente della forte competizione idrica e metabolica tra attività vegetativa e riproduttiva della pianta. In ambienti con forte insolazione, la crescita è, invece, limitata per il riscaldamento eccessivo dello strato superficiale del terreno.

In letteratura, è consolidata l'informazione che la crescita dell'apparato radicale e la ripartizione della biomassa²¹ (rapporto radici/chioma espresso in grammi di sostanza secca) sono sotto il controllo genetico.

Per quanto riguarda l'olivo, tale affermazione, fino a oggi, è stata dimostrata solo su piante giovani (16-18 mesi di età) e alle-

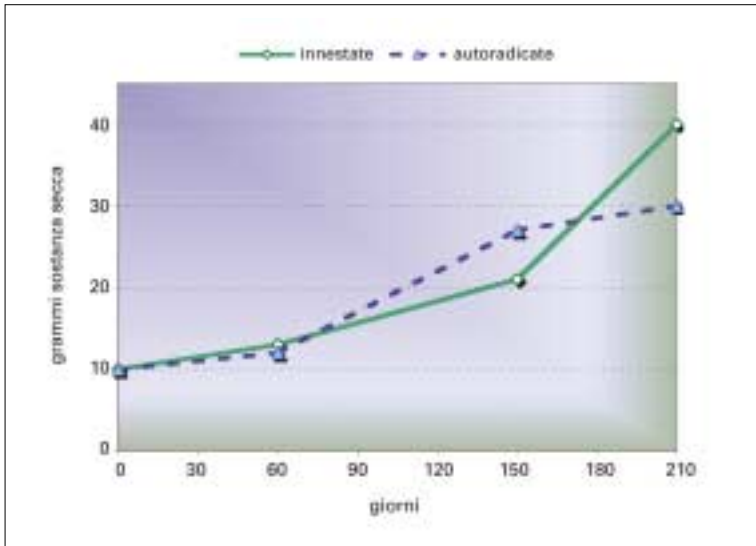


Fig. 3.a - Variazione della crescita totale (grammi di peso secco) di olivi "Frantoio clone F46" in vivaio. Confronto tra piante autoradicate e innestate (Cimato et al., 1996)

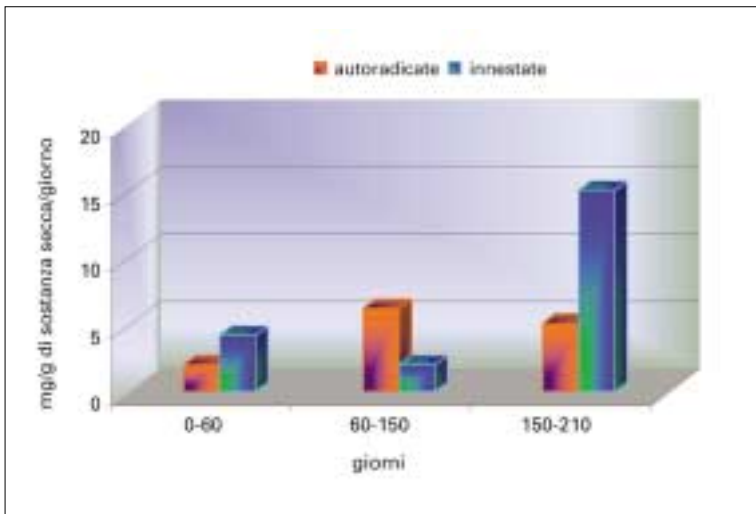


Fig. 3.b - Tasso relativo di crescita dell'apparato radicale (mg di s.s. per grammo di tessuto secco prodotto al giorno) di olivi "Frantoio clone F46" in vivaio. Confronto tra piante autoradicate e innestate (Cimato et al., 1996)

vate in contenitore (Cimato *et al.*, 1996, 1999, 2001). È stato, infatti, chiarito che durante i primi sette mesi di permanenza delle piante in vivaio, la crescita vegetativa e quella dell'apparato radicale sono condizionate dal genotipo e anche dall'origine del materiale di propagazione (Cimato *et al.*, 1996).

Olivi ottenuti per innesto²² hanno mostrato una maggiore crescita totale della pianta (grammi s.s.) e dell'apparato radicale (tasso relativo di crescita dell'apparato radicale) rispetto ad altre della stessa cultivar²³, ma ottenute in "mist"²⁴ (olivi autoradicati²⁵) (figg. 3.a-3.b). Tali differenze sono state attribuite a una più prolungata e attiva fase di crescita vegetativa degli olivi innestati, rispetto a quelli ottenuti per talea²⁶ (autoradicati) anche nel periodo della stagione autunnale.

Sulla morfologia dell'apparato radicale incide anche la presenza o meno di micorrize: studi condotti con talee di olivi "Moraiolo" e "Frantoio" micorrizzate con funghi di tipo AM (*arbuscular mycorrhizae*: *Glomus mosseae*) hanno dimostrato che tale simbiosi è stata in grado di modificare, significativamente, lo sviluppo morfologico dell'apparato radicale.

In particolare, l'azione del fungo ha incrementato la lunghezza delle radici laterali di 1° e 2° ordine e il numero di ramificazioni laterali di 2° ordine. Tale situazione si è tradotta in un aumento della crescita vegetativa della pianta e in un maggiore assorbimento delle sostanze nutritive (Citernes *et al.*, 1998).

Nella fig. 4, tali variazioni sono espresse in valori percentuali sul totale dell'apparato radicale.

In generale, è possibile asserire che lo strato più superficiale del terreno coltivato (15-20 cm di profondità) è occupato dalle radici principali e da quelle avventizie di limitata grossezza e originatesi, prevalentemente, dalle iperplasie del pedale²⁷. Durante la stagione di crescita, queste radici avventizie tendono a dirigersi verso la zona più superficiale e, dalla loro elevata frequenza, è possibile desumere l'importanza che hanno ai fini della nutrizione della pianta. Le radici più grosse, viceversa, non sono presenti nello strato più superficiale poiché le periodiche lavorazioni del terreno ne ostacolano sistematicamente l'accrescimento.

Per trovare in letteratura un'informazione relativa allo sviluppo dell'apparato radicale nell'olivo adulto, occorre risalire agli studi di Vernet e Mousset (1964) che hanno evidenziato come lo sfruttamento del terreno da parte delle radici è più intenso fino a una profondità massima di 0,80-1 m. Ancora su

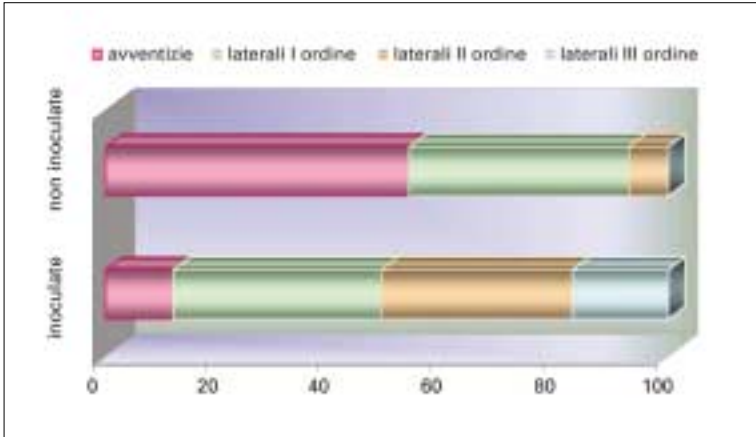


Fig. 4 - Rapporto percentuale di radici avventizie (1°- 2°- 3° ordine) in barbatelle di olivi "Frantoio" micorizzate con funghi di tipo AM (*arbuscular mycorrhizae: Glomus mosseae*). Piante cresciute in contenitore

queste conoscenze Morettini, in un'indagine condotta negli anni sessanta in provincia di Firenze (Morettini, 1968), ha evidenziato la scarsa adattabilità dell'apparato radicale e la ridotta produttività degli alberi in suoli argillosi o soggetti a ristagno idrico; Morettini, inoltre, ha sottolineato che la maggior parte delle radici, sebbene in modo non uniforme, esplora lo strato di terreno compreso tra 15-20 cm e 60-70 cm di profondità distendendosi, seppur di poco, al di sotto del limite raggiunto dalle lavorazioni profonde. Recentemente, altri ricercatori (Cuniglio et al., 2001) hanno segnalato che, in suoli originatisi da sedimenti pliocenici della zona di Montespertoli (Firenze) e caratterizzati dalla presenza di orizzonti con diverse limitazioni strutturali (condizioni asfittiche, eccesso di argilla, elevata densità, scarsità di nutrienti e presenza di un eccessivo contenuto salino), l'apparato radicale di olivi "Frantoio" è riuscito a raggiungere profondità maggiori del livello dello scasso (1,20 metri).

L'insieme delle proprietà fisiche, chimiche, pedologiche e agronomiche sono, quindi, in grado di controllare la distribuzione delle radici nel profilo del terreno e la loro ramificazione, indicata come "densità radicale"²⁸, è espressa in cm di lunghezza delle radici per m³ di terreno.

2.2. Apparato radicale e assorbimento

Nell'introduzione è stato già rilevato che la radice assolve il duplice compito di assicurare alla pianta un adeguato "ancoraggio" al suolo e di assorbire, dal terreno, acqua ed elementi nutritivi necessari per la crescita e per la produzione. Per tutti gli alberi l'assorbimento non è affidato esclusivamente alla radice: la pianta, infatti, è in grado di ricevere nutrienti anche attraverso organi epigei quali: branche, rami²⁹ e, soprattutto, foglie (par. 3.1.2, p. 118).

Sul meccanismo di assorbimento, che si realizza quando i nutrienti (in forma ionica semplice e complessata oppure in forma organica) e l'acqua giungono in prossimità delle radici, interagiscono numerosi fattori: in primo luogo la "struttura" delle radici (sviluppo, volume, lunghezza, periodicità di crescita e di attività), la densità dell'apparato radicale e la distribuzione delle radici nel profilo del terreno, infine, gli aspetti genetici (cultivar, portainnesto³⁰) e le pratiche agronomiche (densità di impianto, ambiente pedo-climatico e pratiche colturali).

Prima di soffermarsi su come alcuni tra i più importanti elementi nutritivi (azoto, potassio, fosforo, calcio, magnesio e boro) si muovono verso la superficie della radice, sulle modalità di assorbimento e, infine, su come avviene la traslocazione nei vari organi della pianta, è necessario sottolineare che:

- per svolgere i processi metabolici che portano alla formazione di una struttura complessa, le piante richiedono materie prime a concentrazione e grado di purezza elevati;
- le radici assorbono elementi in forma inorganica e organica (zuccheri, amminoacidi ecc.) (Nissen, 1974).
- le radici hanno meccanismi diversi di assorbimento dei nutrienti;
- tutta la superficie radicale (radici sottili e radici più grosse) contribuisce, seppure in misura diversa, all'assorbimento dell'acqua e degli elementi nutritivi;
- non è più sostenibile ritenere che l'assorbimento di acqua e di ioni avviene solo nelle regioni delle radici sottili più giovani non suberificate³¹ (apici radicali e zona pilifera); acqua, fosforo, potassio e calcio sono, infatti, assorbiti anche dalle zone lignificate e, per alcuni ioni, addirittura in misura maggiore;
- nelle zone più suberificate può essere maggiore non solo l'assorbimento ma anche il trasporto;
- non tutte le sostanze assorbite sono prontamente utilizzate

dalla pianta, ma una parte di esse va a costituire delle riserve;

- la superficie delle radici in accrescimento secondario è essenziale per lo stoccaggio delle riserve;
- durante la notte i tessuti radicali si idratano a causa del blocco notturno della traspirazione³² e dell'evaporazione.

I meccanismi che consentono agli elementi nutritivi di raggiungere la superficie delle radici sono due: *convezione* e *diffusione*. Il primo (*convezione*), è conseguenza della percolazione dell'acqua attraverso il terreno e dal movimento indotto dalla traspirazione della pianta; il secondo (*diffusione*) trae origine dall'acqua assorbita dal terreno e s'instaura quando tra le zone di contatto (radice/terreno) si stabilisce un differente gradiente di concentrazione³³.

Per alcuni ioni (calcio e magnesio, per esempio), il movimento è dominato dalla convezione; pertanto questi elementi primari devono essere presenti nella soluzione del terreno a concentrazioni relativamente elevate e non devono interagire con il complesso di scambio del terreno. Viceversa, per altri ioni (fosforo, potassio, boro, ferro, zinco, manganese e cloro) il movimento è principalmente controllato dalla diffusione.

Nella maggior parte delle condizioni di campo questo processo è lento e limitato sia la mobilità, sia l'assorbimento degli ioni. Così, lo sfruttamento delle risorse nutritive del terreno, per certi nutrienti (P, K, Cu, B, Fe, Zn, Mn e Cl), dipende dal volume, dalla superficie delle radici e dalla presenza di micorrizze. L'effetto primario delle micorrizze è di aumentare la disponibilità degli elementi minerali a bassa concentrazione oppure di quelli la cui forma ionica è poco mobile, come gli ioni PO_3^{2-} , Zn^+ e Cu^+ (Barea et al., 2000).

2.2.1. Assorbimento degli ioni

È noto che il sistema radicale dell'olivo ha capacità di assorbimento elevate rispetto alla "normale" richiesta della pianta (effetti limitativi si possono manifestare solo quando gli alberi sono in condizioni di *stress* oppure quando la domanda di nutrienti è particolarmente elevata); così come è stato accertato per gli altri fruttiferi (melo, vite ecc.), anche per questa specie esiste una selettività nell'assorbimento ed, entro certi limiti, l'efficienza della radice è in grado di compensare anche un ridotto sviluppo dell'apparato radicale.

L'assunzione degli elementi nutritivi è un meccanismo fisiologico normalizzato e solo in parte parallelo all'assorbimento idrico, al quale partecipano tutte le radici e non solo quelle più giovani. Le più vecchie, peraltro, mantengono un migliore contatto con il terreno e la loro lunga persistenza garantisce, anche a un apparato radicale relativamente limitato, di fornire alla pianta elementi nutritivi in quantità elevate.

Due sono i meccanismi coinvolti nel passaggio degli elementi nutritivi dal suolo alla pianta.

Il primo, noto come "*scambio per contatto*", è un processo attivo e avviene direttamente tra le radici e le particelle colloidali del suolo; il secondo, quantitativamente più importante, "*diffusione*", consiste nell'assorbimento degli ioni presenti nella soluzione del substrato.

L'assorbimento degli ioni, che assicura rifornimenti nutritivi e protezione da fenomeni indesiderati (eccessivo accumulo ed effetti tossici per alte concentrazioni di ioni), è un meccanismo complesso ed è regolato: dai rapporti di sinergismo³⁴ e di antagonismo³⁵ che s'instaurano tra gli stessi nutrienti; dallo sviluppo dell'apparato radicale (massa, lunghezza, distribuzione e densità); dal pH della soluzione circolante (*Tattini, 1991b; Marzi et al., 1997*), dalle condizioni che modificano la domanda traspirativa³⁶; dalla luminosità; dalla disponibilità di ossigeno nel suolo, dal potenziale idrico della radice; dalla temperatura, dalla disponibilità idrica del terreno (in generale e nei differenti strati del profilo) e, finalmente, dal metabolismo stesso della pianta.

Nella cinetica dell'assorbimento nutrizionale è possibile distinguere un primo periodo, della durata di circa quarantacinque minuti, di rapida "invasione" del tessuto da parte dello ione, seguito da una penetrazione più lenta ma lineare nel tempo. La massima concentrazione dello ione penetrato durante il primo periodo non supera quella della soluzione nutritiva, mentre nel secondo periodo si attua un vero e proprio accumulo, per cui la concentrazione interna può superare decine e centinaia di volte quella esterna (*Ferrari, 1976*).

Di seguito, alcuni esempi chiariscono meglio la complessità dei meccanismi che regolano il passaggio degli elementi nutritivi dal suolo alla pianta.

Intanto è bene rilevare che l'assorbimento degli ioni avviene con una diversa velocità: è maggiore per quelli nitrici piuttosto che per il fosforo, per il potassio rispetto al calcio.

L'antagonismo che associa, per esempio, il potassio al magnesio, fa sì che l'eccesso di uno di questi due elementi riduce l'assorbimento dell'altro e viceversa.

Anche le condizioni che modificano la domanda traspirativa influiscono sull'assorbimento: basse umidità relative dell'aria riducono l'assorbimento del potassio ma non quello del calcio per cui, nei tessuti, aumenta il rapporto Ca/K. L'assorbimento del calcio e del potassio è ridotto anche quando l'intensità luminosa è bassa. Infine, condizioni idriche del suolo ridotte, per frequenti erpature o per disseccamento naturale degli strati più superficiali, favoriscono l'assorbimento di un elemento rispetto a un altro. In tale situazione, la radice trova migliori condizioni in profondità dove, tra l'altro, la temperatura è più bassa e l'assorbimento risulterà maggiore per il calcio rispetto al potassio.

Di seguito, sono riportate alcune informazioni che riguardano l'assorbimento di "macro" e "micro" nutrienti (distinzione dovuta alla diversa concentrazione in cui sono presenti nel suolo e nella pianta), ed è accennato il ruolo che essi svolgono nel complesso metabolismo della pianta.

Azoto: elemento essenziale perché costituente di composti fondamentali come aminoacidi, proteine strutturali, enzimi, acidi nucleici, clorofille ecc. L'azoto controlla, in gran parte, lo sviluppo della pianta e la sua produzione. Le sostanze azotate giungono a contatto con le radici per diffusione e sono assorbite come ione nitrato (NO_3^-) e come ione ammonio (NH_4^+). Nell'olivo, l'assorbimento dello ione nitrato è ridotto ed è di tipo attivo, richiedendo alla pianta un dispendio energetico a carico dei prodotti fotosintetici (Tattini, 1991a; Marangoni et al., 1991). Se la disponibilità di energia non costituisce fattore limitante, la pianta tende ad assorbire il nitrato in quantità superiori al suo fabbisogno. L'assimilazione dell'elemento dipende sia dalla quantità relativa di questi composti nella soluzione del terreno (concentrazione), sia dalla presenza di ioni calcio e/o potassio (azione positiva) e azoto ammoniacale (azione inibitrice).

A titolo di esempio, nella *fig. 5* si riportano i risultati dell'assorbimento dello ione NO_3^- in barbatelle di olivo "Chondrolia Chalkidikis" sottoposte a soluzioni nutritive contenente 0,25 mM di KNO_3 e 0,3 mM di CaSO_4 (Therios, 1984).

La forma ammoniacale è assorbita con un processo passivo di diffusione e con una minore richiesta energetica. La pianta

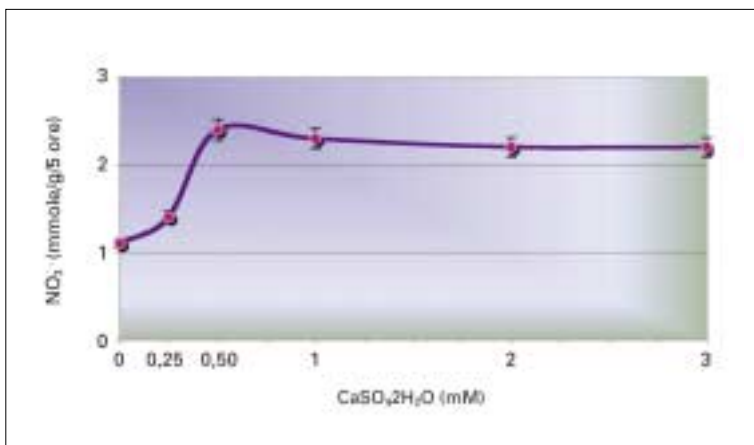


Fig. 5 - Assorbimento di NO_3^- in funzione della diversa concentrazione del CaSO_4 di olivi "Chondrolia Chalkidikis" (Therios, 1984)

preferisce questa sorgente azotata rispetto a quella nitrica in quanto, prima della sua organicazione, non è necessaria un'attività riduttasica³⁷. Il principale fattore che regola l'assorbimento dello ione ammonio è la sua concentrazione nella soluzione esterna. È noto che somministrazioni elevate con solo ammonio sono tossiche alla pianta ma, come la letteratura ha più volte dimostrato, per ottimizzare l'assorbimento occorre che queste due forme di nutrienti siano presenti secondo un rapporto definito.

Potassio: elemento che regola il metabolismo degli zuccheri, favorendone l'accumulo sotto forma di amido, e controlla la lipogenesi³⁸ e le attività enzimatiche dirette alla sintesi degli aminoacidi e degli acidi fenolici (Gonzales *et al.*, 1976); esso favorisce inoltre la formazione di pareti cellulari più solide per aumentare la tolleranza della pianta alle basse temperature. L'assorbimento del potassio, che avviene come ione K^+ , risente sia del variare delle condizioni ambientali, sia delle tecniche colturali. Il rifornimento alla superficie radicale avviene principalmente per diffusione ed è pertanto strettamente collegato al regime idrico del terreno. Deficit idrici, anche modesti, possono comprometterne notevolmente l'assorbimento. Più degli altri nutrienti, il potassio ha limitata mobilità nel terreno ma è facilmente traslocabile nell'ambito della pianta. Dopo la lignificazio-

ne del nocciolo, le drupe richiedono quantità sempre maggiori di tale elemento, che è prontamente traslocato dalle foglie (*Ortega Nieto, 1969*).

Fosforo: elemento che interviene nella divisione cellulare, nella crescita delle radici, nello sviluppo dei tessuti meristemati e nelle reazioni di esterificazione³⁹ e di trasferimento energetico. Il fosforo è assorbito come ione fosfato (HPO_3^- , HPO_4^{2-}). La disponibilità e l'assorbimento dipendono sostanzialmente dal pH del terreno e dalla presenza di altri ioni e ciò, tenuto conto della sua scarsa mobilità nel suolo, assume notevole importanza. Tuttavia una elevata disponibilità di azoto come ione nitrato (NO_3^-) riduce l'assorbimento di fosforo, mentre l'azoto nella forma ammoniacale (NH_4^+) ne favorisce l'assorbimento nei terreni a pH neutro o alcalino. Sull'assorbimento del fosforo sembrano avere un notevole effetto positivo le micorrize⁴⁰.

Calcio: elemento essenziale perché controlla l'azione di numerosi enzimi, interviene nei fenomeni di divisione cellulare, di permeabilità del citoplasma e sostiene il trasporto dei carboidrati. Per l'assorbimento del calcio, che avviene come ione Ca^{2+} , è fondamentale un regime idrico costante nel suolo. Tale situazione agronomica consente un'adeguata traspirazione all'olivo facilitando, all'interno dell'albero, la ridistribuzione del calcio. Carenze idriche influiscono quindi negativamente sull'assorbimento di questo nutriente (*Marimpietri, 1950*).

Magnesio: costituente della clorofilla, è attivatore per molti enzimi e interviene nei processi di sintesi dell'RNA. L'assorbimento del magnesio avviene come ione Mg^{2+} . Ad elevate disponibilità, questo elemento entra in competizione con il calcio sia per l'assorbimento, sia per la traslocazione; viceversa, quando il suo livello da situazioni di carenza è portato a livelli adeguati, il magnesio favorisce l'assorbimento del calcio.

Boro: elemento che interviene nel metabolismo dei carboidrati e che attiva diversi sistemi enzimatici e numerose funzioni ormonali. Ha un ruolo determinante nella sintesi dei flavonoidi, delle basi pirimidiniche (DNA e RNA), e nel trasporto degli zuccheri attraverso il floema. Il boro è essenziale per le piante superiori che, in mancanza di questo elemento, crescono lentamente

e non completano il loro ciclo vitale (*Ciferri et al., 1956*). Assorbito come acido borico indissociato (H_3BO_3), assume notevole importanza poiché è in grado di favorire il passaggio del calcio dal suolo alla pianta. Il boro si accumula nelle foglie vecchie e non è ritraslocato, per cui il rifornimento dal suolo deve essere assicurato. Anche per il boro, così come per il calcio, il regime idrico è importante; la scarsità idrica è in grado di ridurre l'assorbimento e provoca stati di carenza (*Demetriades et al., 1968*).

Ferro: può avere funzioni strutturali nella membrana nucleare dei cloroplasti e dei mitocondri ed è essenziale nella sintesi della clorofilla. È assorbito dalla radice come ione inorganico Fe^{2+} (ferroso) o Fe^{3+} (ferrico). Nei suoli sub-alcalini le radici hanno difficoltà a reperire lo ione ferroso in quanto tende a ossidarsi e/o a precipitare sotto forma di idrossidi. È uno dei micronutrienti maggiormente richiesto per la forte tendenza a formare nel terreno dei composti insolubili di vario tipo che possono ridurre drasticamente la sua disponibilità effettiva. La carenza di ferro si manifesta con sintomi molto specifici: si evidenzia nelle foglie più giovani sotto forma di ingiallimenti delle zone internodi mentre, in prossimità delle nervature, permane il colore verde.

Altri elementi assorbiti direttamente come ioni dalla soluzione circolante del terreno sono: Silicio, Sodio, Zolfo, Manganese, Cloro, Rame, Zinco e Molibdeno.

2.2.2. Assorbimento dell'acqua

Le piante arboree hanno efficienti meccanismi per l'assorbimento e per il movimento endogeno dell'acqua. Esse, infatti, disponendo di nutrizione primaria gassosa (fotosintesi e fotorespirazione), sono dotate di un sistema per lo scambio dei gas che provoca, attraverso organi predisposti (foglie, frutti e radici), perdita d'acqua per traspirazione che è continuamente reintegrata dall'assorbimento radicale. È stato verificato che solo una minima parte dell'acqua assorbita (circa il 2%) è utilizzata per la produzione di nuovi tessuti (in genere, per produrre 1 kg di sostanza secca, la pianta deve traspirare circa 500 litri di acqua).

Accanto a quelli di natura ambientale (temperatura, stato idrometrico dell'aria, ventilazione, illuminazione e livello di disponibilità idrica del suolo), il più importante fattore che con-

diziona il meccanismo della traspirazione è la domanda metabolica. Infatti, la pianta assume nutrienti e acqua, disponibili nel terreno, per rispondere a specifiche richieste di sviluppo vegetativo (che si riflette sul rinnovamento della chioma) e di crescita dei frutti (che si riflette sull'efficienza produttiva).

L'assunzione dell'acqua, che si compie attraverso le radici conduttrici suberificate e, prevalentemente, dai peli che rivestono la porzione sub-apicale delle giovanissime radichette capillari ("capillizio assorbente"), avviene in virtù di due meccanismi successivi, rispettivamente "attivo" e "passivo".

Il primo sopraggiunge in condizioni di elevata disponibilità idrica nel terreno e si realizza quando la pianta ha una bassa intensità traspiratoria. In questo stato, l'assorbimento è garantito dal gradiente osmotico⁴¹ che si crea tra terreno e cellule radicali. Tale meccanismo, tramite il sistema protoplasmatico⁴² continuo che si estende fino al parenchima⁴³ legnoso, assicura la diffusione dell'acqua assorbita fino al sistema conduttore principale (vasi). Durante la fase dell'assorbimento "attivo", che coincide con la ripresa dell'attività vegetativa (germogliamento), si stabilisce una vera e propria *pressione radicale* che raggiunge valori elevati (10-12 atmosfere) e determina, oltre all'assorbimento dell'acqua dal terreno, anche la sua ascesa attraverso il sistema conduttore della pianta. Non appena la traspirazione aumenta d'intensità, all'assorbimento "attivo" succede quello "passivo", che predomina nel bilancio idrico della pianta. Tale meccanismo si compie per effetto della forza di suzione che s'instaura all'interno del sistema conduttore allorché le perdite d'acqua, conseguenti all'intensa traspirazione, non sono bilanciate da un adeguato rifornimento idrico. Così l'assorbimento idrico della pianta è direttamente controllato dalla traspirazione.

2.2.3. *Traslocazione e trasporto dalla radice verso altri organi della pianta*

L'ascesa dell'acqua dal sistema radicale agli organi epigei della pianta è regolata, all'inizio del ciclo vegetativo annuale, dalla *pressione radicale*; non appena, con l'avvio della traspirazione, questa viene meno, la traslocazione dell'acqua, attraverso il sistema vascolare, si compie in base al meccanismo della cosiddetta "teoria della coesione tensione". Trattasi di principio fisico in grado di dimostrare che, quando la pianta traspira, il trasporto verso gli organi epigei è garantito dalla maggiore

forza di coesione⁴⁴ che si realizza tra le stesse molecole d'acqua rispetto a quella di tensione⁴⁵ che, altrimenti, tenderebbe a distaccarle. Analogamente, gli stretti rapporti che intercorrono tra assorbimento radicale e traspirazione fogliare, spiegano l'ascensione d'ingenti quantità d'acqua e di nutrienti anche verso le parti più elevate della chioma.

Nella pianta, la traslocazione degli elaborati (linfa con elevate concentrazioni di composti organici), dalle foglie alle radici, è "basipeta"⁴⁶ ed ha luogo nella zona occupata dalla corteccia (floema); viceversa, il trasporto della soluzione traspiratoria, contenente quanto ricavato dal terreno (soluzione diluita di sali soprattutto inorganici), è spinta verso l'alto attraverso la zona centrale del legno (xilema).

Non tutto il legno delle branche e del tronco partecipa alla traslocazione idrica. Questa funzione, correlata alla struttura anatomica e in particolare al numero, all'ampiezza e alla forma dei vasi, è generalmente limitata agli elementi vascolari di più recente formazione (1-2 anni), mentre il legno più vecchio serve soprattutto come eventuale deposito di acqua.

Oltre che andare soggetta alla traslocazione verticale, l'acqua può agevolmente spostarsi anche in senso laterale e passare dal legno al cambio e da questo al libro⁴⁷ e anche da un organo all'altro. Certamente non è esatto ritenere che nello xilema si muovono solamente le sostanze inorganiche; il succo xilematico in primavera può, infatti, contenere considerevoli quantità di zuccheri e di altri composti organici che, in questo periodo della stagione, aiutano tale movimento.

Note

¹ "Generatore del suolo": la roccia che dà origine a un suolo alterandosi nella sua parte superficiale.

² Insieme di tessuti animali e vegetali in decomposizione nel suolo.

³ Soluzione presente nel terreno.

⁴ Forma e concentrazione degli elementi nutritivi utilizzabili e indispensabili alle piante.

⁵ Capacità di un elemento presente nel terreno di essere assorbito da parte della pianta.

- ⁶ Tecnica tramite la quale i valori del calcare di un terreno vengono abbassati. *Ammendante*: sostanza che modifica le caratteristiche chimiche, fisiche, biologiche e meccaniche di un terreno, migliorandone l'abitabilità per le specie coltivate.
- ⁷ Acqua sotterranea, che scorre, con maggiore o minore lentezza, in rocce permeabili e sostenuta dal basso da rocce impermeabili.
- ⁸ Tecnica agronomica che impiega tubi di materiali diversi; essi, posti a profondità adeguata, favoriscono l'allontanamento dal suolo delle acque in eccesso.
- ⁹ L'insieme dei microrganismi presenti nel terreno agrario.
- ¹⁰ Zona della pianta compresa tra la radice e il fusto.
- ¹¹ Sostanze chimiche usate per eliminare specie vegetali indesiderate.
- ¹² Taglio del tappeto erboso.
- ¹³ Terreni che possiedono coesione interna (argillosi).
- ¹⁴ Pori del suolo con diametro compreso fra 75 micrometri e 5 millimetri.
- ¹⁵ Lavorazione superficiale del terreno con attrezzi particolari (erpici a dischi o a denti).
- ¹⁶ I pori del terreno, collegandosi tra di loro, formano una fitta rete di vasi in cui l'acqua può risalire per azione delle forze capillari. Il fenomeno è in funzione della tessitura del terreno: si può, infatti, rilevare che la risalita aumenta con il crescere del contenuto in argilla, della temperatura e del contenuto in acqua del suolo.
- ¹⁷ Capacità di un suolo di sopportare la pressione derivata da attività diverse (macchine, animali, ecc.) prima di degradarsi.
- ¹⁸ Agricoltura biologica o "agricoltura organica": indica una pratica agricola che ammette solo l'impiego di sostanze naturali (presenti cioè in natura) ed esclude l'utilizzo di sostanze chimiche di sintesi.
- ¹⁹ Tecnica innovativa a basso impatto ambientale. Limita l'uso dei fitofarmaci, sceglie per la coltivazione solo piante e/o varietà più resistenti e utilizza particolari microrganismi e insetti, come difesa dai parassiti. Le tecniche di produzione integrata sono rigorosamente controllate e applicate in tutte le fasi del processo produttivo.
- ²⁰ Che rispetta gli equilibri naturali.
- ²¹ La quantità di materia, di solito al netto del contenuto di acqua, che compone gli organismi (massa secca).
- ²² Unione di parti di piante a costituire un unico individuo. L'innesto è usato come metodo di moltiplicazione.
- ²³ Entità tassonomica costituita da piante coltivate contraddistinte da caratteri morfologici, biologici od agronomici comuni e originate o mantenute solo in coltivazione. Questo termine sostituisce quelli di razza e di varietà coltivata.
- ²⁴ Irrorazione con acqua finemente nebulizzata (nebulizzazione).
- ²⁵ Autoradicazione: è la moltiplicazione ottenuta impiegando una porzione di pianta (ramo, radice, foglia, ecc.), che è capace di dare origine, in condizioni operative definite, a una nuova pianta. Comprende tutti i metodi di moltiplicazione escluso l'innesto.

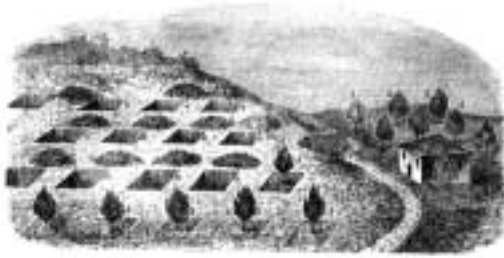
- ²⁶ Porzione di organi vegetali (rami, radici, foglie) asportata da una pianta e utilizzata nella moltiplicazione per radicazione diretta.
- ²⁷ Accrescimento abnorme della base del tronco.
- ²⁸ Indica la quantità di radici per unità di volume di terreno.
- ²⁹ La penetrazione non avviene attraverso tutta la superficie della corteccia ma solo dalle naturali soluzioni di continuità quali: lenticelle, fenditure dovute all'accrescimento diametrico dei rami oppure da lesioni da potature.
- ³⁰ Pianta utilizzata quale ipobionte nella propagazione per innesto. Il suo ruolo è di fornire al "nuovo albero" la parte dell'apparato radicale.
- ³¹ Trasformazione della membrana delle cellule vegetali in sughero per effetto della formazione di suberina (varietà insolubile di cellulosa) al loro interno.
- ³² Meccanismo tramite il quale la pianta mantiene nelle foglie un costante livello di umidità per la realizzazione del suo metabolismo (assorbimento, fotosintesi ecc.).
- ³³ Una differenza di concentrazione relativa a una specifica molecola in due ambienti diversi e contigui.
- ³⁴ Fenomeno per cui l'effetto combinato di due elementi è maggiore della somma dei loro singoli effetti.
- ³⁵ Mutua opposizione di due elementi o fenomeni.
- ³⁶ Quantità di acqua richiesta per la traspirazione.
- ³⁷ Riduzione dello ione nitrico mediata da due enzimi, la nitrato e la nitrito-riduttasi. L'azione della nitrito-riduttasi (che catalizza la riduzione da nitrito ad ammonio) si svolge nei cloroplasti delle foglie e nei proplastidi delle radici.
- ³⁸ Formazione dei lipidi (grassi).
- ³⁹ Legame tra il gruppo carbossilico e il gruppo ossidrilico di due molecole con formazione di un nuovo composto e di una molecola di acqua.
- ⁴⁰ Complesso simbiotico costituito dal micelio di un fungo e dalle radici di una pianta; l'unione si risolve con vantaggi di ambedue gli organismi.
- ⁴¹ Da osmosi: fenomeno per cui due soluzioni diverse tendono a mescolarsi attraverso una membrana semipermeabile.
- ⁴² Da protoplasma: sostanza vivente incolore a struttura colloidale che costituisce il componente principale delle cellule.
- ⁴³ Tessuto costituito da cellule vive, non lignificate, con svariate funzioni organiche.
- ⁴⁴ Esprime la grande affinità reciproca delle molecole di acqua. La coesione è una forza grazie alla quale colonne di acqua di piccola sezione possono resistere senza rompersi anche a tensioni di 100 atm.
- ⁴⁵ Forza cui le molecole di acqua sono sottoposte quando si trovano all'interno del sistema conduttore.
- ⁴⁶ Direzione dei flussi linfatici dalle foglie verso le radici.
- ⁴⁷ Anche detto floema: sistema di vasi conduttori presente nelle piante superiori.

Bibliografia

- BALDINI E. (1971) – *Arboricoltura*. Ed. Cooperativa Libreria Universitaria, Bologna, pp. 193-202.
- BAREA J.M., AZCÒN R., AZCÒN AGUILAR C. (2000) – *Frutticoltura*, n. 2: 71-75.
- BLEVINS R.L., SMITH M.S., THOMAS G.W. (1986) – En: PHILLIPS Y PHILLIPS, *Agricoltura sin laboreo*, Ed. Bellaterra, S.A. Barcelona, pp. 197-239.
- CIFERRI R., RUI D., SCARAMUZZI G., CANDUSSIO R. (1956) – *Parte II*. Annali di Sperimentazione Agraria, 10: 25-59.
- CIMATO A., MARZI L., SANI G. (1996) – *Atti III Giornate Scientifiche Soi* [Erice, 10-14 marzo], pp. 373-374.
- CIMATO A., TACCONI L. (1999) – *Frutticoltura*, 4: 50-54.
- CIMATO A., SANI G., ATTILIO C., MARZI L. (2001) – *L'Informatore Agrario*, 44: 53-55.
- CITERNESI A.S., VITAGLIANO C., GIOVANNETTI M. (1998) – *Journal of Horticultural Science & Biotechnology*, 73: 647-654.
- CIVANTOS L., TORRES J. (1981) – *ITEA*, 44: 38-43.
- COSTANTINI E., CAMPOSTRINI F. (1996) – Da: *Vino Nobile di Montepulciano*, Ed. Regione Toscana, pp. 9-14.
- CUNIGLIO R., CORTI G. (2001) – *Olivo e olio: suolo, polline, DOP*, ARSIA Regione Toscana, Firenze, pp. 11-30.
- DEMETRIADES S.D., HOLEVAS C.D. (1968) – *II Col. Eur. Med. Contr. Fert.*, Sevilla.
- FERRARI G. (1976) – *Quaderni de "La ricerca scientifica"*, 96, Ed. Istituto Propagazione Specie Legnose, CNR Roma, pp. 48-58.
- GIULIVO C. (1988) – *Frutticoltura*, 1-2: 112-116.
- GONZALES F., CATALINA L., SARMIENTO R. (1976) – *IV Colloq. Inter. CNRS*, Gent, pp. 409-426.
- LOPEZ-CUERVO, S. (1990) – *XVII Jornadas, Consejería de Agricultura y Pesca, Junta de Andalucía*, pp. 11-16.
- MARANGONI B., SCUDELLARI D., TAVAGLINI M. (1991) – *Frutticoltura*, 7-8: 65-69.
- MARIMPIETRI L. (1950) – *13th Congr. Int. Oleic.*, Madrid.
- MARZI L., CESCO S., PINTON R., VARANINI Z., CIMATO A. (1997) – *IIIrd International Symposium on Olive Growing*, Canea, Greece, September, pp. 473-476.
- MINISTERO PER LE POLITICHE AGRICOLE E FORESTALI (1999) – *Metodi ufficiali di analisi chimica del suolo*. DM del 13 settembre 1999, Gazzetta Ufficiale n. 185 del 21 ottobre 1999.
- MORETTINI A. (1968) – *L'Italia Agricola*, pp. 220-233.
- NISSEN P. (1974) – *Ann. Rev. Plant Physiology*, 25: 53-79.
- OERTLI J.J., GREGUREVIC E. (1975) – *Agronomy Journal*, 67: 278-280.
- ORTEGA NIETO J.M. (1969) – *La poda dell'olivo*. Min. Agric., Madrid.
- PASTOR M. (1989a) – *Investigación Agraria, Prod. y Prot. Vegetales*, 4(2): 225-247.
- PASTOR M. (1989b) – *Olivae*, 28: 32-37.
- PASTOR M. (1990) – *Comunicaciones Agrarias: Serie Producción Vegetal*, n. 8, Consejería de Agricultura y Pesca, Junta de Andalucía.
- PASTOR M., GUERRERO A. (1990) – *Acta Horticulturae*, 286: 283-286.

- PASTOR M., CASTRO J. (1995) – *Olivae*, 59: 64-74.
- PASTOR M., CASTRO J., HUMANES M.D., MUNOZ J. (2000) – *L'Informatore Agrario*, 8: 83-92.
- SAAVEDRA M., VEGA V., PASTOR M. (1986) – *Itea*, 65: 35-44.
- TATTINI M. (1991a) – *Plant Nutrition, Physiology and Applications*, pp. 515-518.
- TATTINI M., BERTONI P. (1991b) – Atti del convegno: "Quale futuro per l'olivicultura calabrese?" [Lamezia Terme, 19 marzo 1991], pp. 32-52.
- THERIOS I.N. (1984) – *Riv. Ortoflorofruitt. It.*, 68: 255-261.
- TOMBESI A. (2000) – *Lettura Accademia Nazionale dell'Olivo*, Spoleto.
- TRONCOSO A. (1998) – In: *International Course on Olive Growing*, Ed. COI, CNR, ARSIA-Regione Toscana, pp. 185-196.
- VERNETA., MOUSSET P. (1964) – *Bull. Ec. Nat. Sup. Agr.*, 3: 17-42.
- ZUCCONI F., MONACO A., FORTE M., DE BERTOLDI M. (1985) – *Composting agricultural and other wastes*. CEC.
- ZUCCONI F. (1988) – *Frutticoltura*, 1-2: 105-109.
- ZUCCONI F., NERI D., SABBATINI P. (1996) – *Fertilità del suolo e concimazioni minerali*. In *Gestione dell'acqua e del territorio per un'olivicultura sostenibile*.

II. Esigenze nutrizionali dell'olivo



Fornire dati precisi sulle quantità di elementi minerali asportati dalle piante di olivo è piuttosto difficile; l'eterogeneità delle situazioni colturali e l'elevato numero di fattori che interferiscono su queste determinazioni non consentono di stabilire, in termini concreti, le dosi di fertilizzanti da reintegrare al terreno in relazione alle specifiche richieste delle piante. Inoltre, la presenza di "nutrienti" nel terreno non coincide necessariamente con la capacità di nutrirsi da parte della pianta: non basta che questi siano presenti, occorre anche che siano disponibili e utilizzabili.

Tale problematica, ampiamente studiata per le principali specie arboree da frutto (vite, agrumi, melo, pesco ecc.), per l'olivo è ancora in cerca di soluzioni metodologiche, anzi, sarebbe più corretto affermare che per trovare indicazioni e soluzioni specifiche spesso si deve fare riferimento ad esperienze realizzate su altre specie.

Individuata la questione centrale per la definizione delle esigenze nutritive dell'olivo, occorre porre l'accento sul fatto che la letteratura in materia è datata, per la quasi totalità, al periodo anni cinquanta e settanta (*Bouat et al., 1951, 1953, 1954; Noro, 1956; Ortega Nieto, 1957; Ortega Nieto et al., 1964; Hartmann, 1958; Spina, 1960; Gonzales Garcia et al., 1967, 1972, 1973, Chavez, 1971; Crescimanno et al., 1975; Ferreira Llamas et al., 1975; Garcia et al., 1975; Tattini, 1991a*); inoltre, è da sottolineare, che la variabilità dell'olivicoltura non permette di semplificare le scelte né, tanto meno, di riproporre e trasferire esperienze acquisite in condizioni operative definite a situazioni agronomiche molto diverse.

Occorre, così, sottolineare che accanto alle acquisizioni scientifiche che saranno riportate nel testo, rimane sempre al tecnico la scelta di decidere metodologie, analisi e interpretazioni dei risultati, nonché la responsabilità di comprendere che le esigenze nutritive stabilite sono specifiche per quella azienda e/o persino per quell'impianto.

Per fissare le quantità di fertilizzanti da somministrare, egli dovrà convincersi che non è più proponibile la teoria, suggerita un tempo, della "restituzione", ma è necessaria una valutazione più ampia perché, molto spesso, con la concimazione si interviene anche per rettificare il rapporto tra i diversi elementi presenti nel terreno o per eliminarne eventuali carenze.

Dalla corretta interpretazione dei dati analitici egli otterrà informazioni indicative di una graduatoria di importanza dei vari elementi; nonostante ciò, egli dovrà tener presente che le piante asportano annualmente quantità di calcio, azoto e potassio assai più elevate rispetto a quelle di fosforo e magnesio e che le esigenze nutritive degli alberi variano sensibilmente in rapporto al loro ciclo vitale, al corso della stagione e ai diversi stadi di attività vegetativa e riproduttiva. Definita questa premessa, il tentativo di fornire indicazioni sulle esigenze nutritive dell'olivo sarà condotto esaminando le metodologie di campionamento e suggerendo le interpretazioni dei risultati delle analisi del suolo e delle foglie ai fini di un'oggettiva valutazione della situazione agronomica.

1. Determinazione delle esigenze nutritive

Per una corretta scelta dei fertilizzanti da somministrare al terreno e la definizione di un razionale dosaggio, è indispensabile ricorrere alle analisi del suolo e a quella fogliare.

Tali determinazioni sono fondamentali in fase di preimpianto dell'oliveto giacché, in base alle indicazioni ottenute, è più semplice migliorare la fertilità del suolo intervenendo con opportune concimazioni di fondo. Le analisi di un terreno sono necessarie anche nel caso in cui, oltre alla ricerca dello stato di fertilità, si voglia verificare la presenza di eventuali condizioni di carenza o di tossicità¹ subite dalle piante. A queste informazioni è utile integrare i dati provenienti dall'analisi fogliare, spesso trascurata o limitata a semplici osservazioni visive. Essa

rappresenta, invece, il modo più veloce e meno costoso per l'identificazione di fenomeni di carenza anche se, nel momento in cui i danni diventano visibili, è evidente che la pianta si trova già in uno stato di sofferenza.

1.1. Analisi del suolo

L'analisi del suolo ha lo scopo di fornire informazioni sulle capacità nutrizionali intrinseche del suolo nei confronti della pianta.

Nel capitolo primo è stato chiarito che allo stato di fertilità del terreno concorrono sia le caratteristiche chimiche, fisiche e biologiche, sia numerosi fattori esterni (condizioni climatiche, tecniche colturali ecc.) che, interagendo con la dinamica del suolo, rendono i diversi elementi nutritivi più o meno disponibili alla pianta. È quindi evidente che, per poter disporre di indicazioni reali e concrete, l'analisi del suolo, necessariamente ottenuta con metodologie ufficiali, va inserita in un quadro analitico più ampio. Per esempio, in Andalusia, Chaves e collaboratori (*Chaves et al., 1976*) hanno dimostrato che i valori assoluti degli elementi nutritivi e i relativi equilibri fisiologici sono strettamente dipendenti dalla natura del terreno e dalla concentrazione degli elementi in esso presenti; così può verificarsi che un determinato equilibrio nutritivo porti a una buona produttività in una zona e che lo stesso corrisponda, invece, a una bassa produttività in un'altra pedologicamente diversa.

Qualora si trattasse della prima analisi eseguita per un determinato terreno, per poter disporre di indicazioni vere e fondate, dell'analisi del suolo converrà prendere in esame tutti i parametri, sia quelli inalterabili o mutabili in tempi relativamente lunghi, sia quelli variabili in un lasso di tempo abbastanza breve.

Al primo gruppo appartengono: la tessitura, il pH, il calcare totale e attivo e, in una certa misura, la sostanza organica e la capacità di scambio cationico (Csc)². Nel secondo sono invece compresi tutti gli elementi nutritivi della pianta cui si deve la fertilità minerale (o chimica) del suolo, vale a dire: il potenziale nutrizionale espresso dall'azoto, dal fosforo, dal potassio, dal calcio, dal magnesio, dallo zolfo e dai microelementi (ferro, rame, zinco, manganese, molibdeno, cloro e boro) (*Mazzali, 1992*). Se invece le analisi sono state eseguite ogni 5-6 anni, una volta determinati i parametri appartenenti al primo gruppo, per disporre di un quadro aggiornato dello stato di fertilità del suolo,

occorrerà esaminare solo gli elementi nutritivi che nel tempo sono più soggetti a sostanziali cambiamenti quali: azoto, fosforo, potassio, magnesio e sostanza organica.

Prima di introdurre le metodologie occorre, tuttavia, segnalare alcuni limiti delle analisi del suolo.

In primo luogo, è noto che la corretta valutazione della quota assimilabile dei nutrienti³ non è assolutamente sufficiente a definire il suo stato di fertilità né, tanto meno, a prevedere il destino dei fertilizzanti che in futuro saranno somministrati. Secondariamente, dopo una persistente stagione piovosa, le elevate condizioni d'umidità nel terreno possono incidere sulla valutazione dell'azoto che, erroneamente, può apparire più basso. Analogamente, da analisi condotte subito dopo forti piogge invernali o eccessive irrigazioni possono risultare valori inferiori alla realtà. In questi casi, fenomeni indesiderati di dilavamento⁴ possono interessare alcuni nutrienti (nitrati, cloruri e, in misura minore, borati) e falsare più in generale le informazioni. È importante, altresì, che il campionamento avvenga almeno quattro mesi dopo l'ultima fertilizzazione, sia che si sia trattato di concimazione minerale al suolo, sia di apporti occasionali per via fogliare e almeno sei mesi dopo se sono stati distribuiti correttivi o ammendanti. In ogni caso, il prelievo dovrà avvenire quando il ciclo della coltura è terminato e si è già provveduto al raccolto (tardo autunno). Infine, occorre segnalare che un limite delle analisi del suolo è costituito dal fatto che la maggior parte degli squilibri nutritivi⁵ nella pianta non sono facilmente diagnosticabili.

1.1.1. Metodologie del campionamento

La procedura di campionamento dipende: dalle conoscenze che si vogliono ottenere attraverso le analisi, dai problemi che eventualmente si debbono risolvere e dalla stessa ampiezza della superficie di terreno che si desidera analizzare.

Il primo problema da affrontare è quello della scelta di un campione di terreno rappresentativo della reale situazione del campo. Infatti, a fronte di una massa di 3-5 milioni di kg, che corrispondono circa al peso di un ettaro di suolo per la profondità in cui operano le radici, l'analisi fisico-meccanica in genere è effettuata su 50-100 grammi di terra, che si ridurranno a non più di 3-5 g per le determinazioni chimiche (*Franca, 2000*).

La metodologia di campionamento prevede l'individuazione

e la ripetizione di una medesima procedura, in modo tale che l'errore legato alla rappresentatività dei campioni venga, se non annullato, almeno ridotto.

Sull'appezzamento di terreno da analizzare occorre individuare un percorso che, partendo da un vertice, attraversi tutta la superficie dell'appezzamento con andamento quasi diagonale, per poi proseguire verso il lato opposto seguendo l'altra diagonale e incrociando al centro la precedente. In caso di disformità visibili a occhio, e se queste disformità giustificano poi l'esecuzione di fertilizzazioni differenziate, sarà bene valutare la possibilità di effettuare altri due o più campionamenti. Lungo le diagonali individuate, si eseguiranno, con vanga o piccola trivella, buche dalle quali prelevare i campioni di terra. Quello prelevato in superficie, cioè tra i primi 20 e 25 cm (avendo cura di eliminare i primi 5 cm superficiali), dovrà ovviamente rimanere separato dagli altri prelevati a maggiore profondità (ogni 30 cm). Il numero dei prelievi è funzione della omogeneità dei terreni e delle dimensioni dell'appezzamento ma non dovrebbe scendere al di sotto di 5-10 sottocampioni ad ettaro.

Una volta prelevati i singoli sotto-campioni (provenienti dalla medesima profondità) essi dovranno essere mescolati per costituire il quantitativo da inviare, prima possibile, al laboratorio di analisi (in genere è sufficiente un campione di terra di circa un chilogrammo di peso).

Per poter attribuire ai campioni raccolti un corretto significato agronomico, è importante che le determinazioni analitiche siano eseguite in base a metodologie standardizzate e riproducibili (*Ministero per le Politiche agricole e forestali, 1999; Metodi ufficiali di Analisi chimica dei suoli, G.U. n. 185 del 21 ottobre 1999*) e siano indicate sul certificato rilasciato dal laboratorio.

L'insieme delle analisi a cui sottoporre i campioni deve essere sufficiente a identificare le caratteristiche fondamentali del suolo e la dotazione in elementi nutritivi, ma anche a rendere possibile l'utilizzo delle procedure di calcolo per la stima delle unità di fertilizzanti da distribuire al terreno (*Regione Campania, 2000*).

Di seguito, sono riportate le metodiche ufficiali stabilite dal Ministero delle Risorse agricole, alimentari e forestali (1994) e dal Ministero per le Politiche agricole e forestali (1999), per effettuare l'analisi del suolo e per eseguire una valutazione agronomica dei risultati (valori di riferimento).

Scheletro. Per la preparazione del campione è importante seguire la metodologia ufficiale prevista dal metodo (*op. cit.*): *Metodo II.1 "Preparazione del campione e determinazione dello scheletro"*.

Il metodo è applicabile a tutti i tipi di suolo e il dato deve essere espresso in g/kg senza cifre decimali. Ai fini della valutazione agronomica dello scheletro si considera che, in generale, all'aumentare della sua presenza diminuisce la capacità produttiva del terreno.

<i>Scheletro (g/kg)</i>	<i>Valutazione agronomica</i>
Inferiore a 10	Assente
Tra 10 e 50	Scarso
Tra 50 e 150	Comune
Tra 150 e 350	Frequente
Tra 350 e 600	Abbondante
Superiore a 600	Molto abbondante

Tessitura. Numerosi sono i "Metodi ufficiali" proposti per la determinazione della classe di tessitura del terreno. Quello denominato "Metodo della pipetta" (setacciatura a umido e sedimentazione), è in genere preferito perché è applicabile a quasi tutti i terreni, esclusi quelli che contengono valori superiori di 120 g/kg di carbonio organico (terreni organici⁶ e torbosi⁷). Una volta ottenute le diverse percentuali di sabbia, limo e argilla, la definizione di questa caratteristica del terreno si ricava utilizzando il triangolo delle tessiture (*fig. 1, p. 16*). Nel referto analitico deve essere sempre indicato il sistema di classificazione delle particelle usato (per es. USDA, ISSS ecc.). Il problema principale, per questa determinazione, riguarda la rimozione dei cementi⁸ (sostanza organica, ossidi di ferro e carbonati) che tendono a legare tra loro le particelle incidendo sulla classificazione finale della tessitura.

Reazione del suolo (pH)

Metodo III.1 "Determinazione del grado di reazione"

Il dato è espresso come unità di pH ed è riportato con una sola cifra decimale, precisando la soluzione utilizzata. Sulla base dei valori di pH in acqua, i suoli sono classificabili in:

<i>Classificazione dei suoli</i>	<i>Reazione pH</i>
Ultraacido	< 3,5
Estremamente acido	3,5-4,4
Molto fortemente acido	4,5-5,0
Fortemente acido	5,1-5,5
Moderatamente acido	5,6-6,0
Debolmente acido	6,1-6,5
Neutro	6,6-7,3
Debolmente alcalino	7,4-7,8
Moderatamente alcalino	7,9-8,4
Fortemente alcalino	8,5-9,0
Molto fortemente alcalino	> 9,0

Normalmente il pH dei terreni agrari varia da 4 a 8,5. Le più comuni specie vegetali sembrano adattarsi bene nell'intervallo di pH compreso tra 5,5 e 8,0.

Conduttività elettrica

Metodo IV.1 "Determinazione della conduttività elettrica"

Rappresenta la misura indiretta della concentrazione totale dei sali disciolti nella soluzione del suolo. Il dato si esprime in dS/m a 25°C con due cifre decimali, specificando con quale rapporto acqua/soilo si è operato in laboratorio. Per i diversi tipi di suolo, la variabilità dei valori di conduttività è notevole e non sono disponibili, al momento, indicazioni sufficienti a stabilire per i terreni italiani una specifica taratura agronomica. La determinazione della conduttività è indispensabile per la classificazione dei terreni salini e alcalini. Le caratteristiche del suolo, per questo parametro, sono definite attraverso la relazione tra conduttività, pH e misura del sodio scambiabile (ESP)⁹:

<i>Tipo di suolo</i>	<i>Conduttività (dS/m)</i>	<i>ESP</i>	<i>pH</i>
Salino	superiore a 4	inferiore a 15	inferiore a 8,5
Sodico	inferiore a 4	superiore a 15	superiore a 8,5
Salino-sodico	superiore a 4	superiore a 15	inferiore a 8,5

Un campo di valori 0,2-2,0 dS/m risulta più facilmente riscontrabile in terreni non salini e può indicare buone potenzialità di produzione. Valori più alti, fino a 4,0 dS/m, obbligano alla scelta di varietà colturali resistenti e consigliano ulteriori indagini per verificare la necessità di interventi strutturali di bonifica.

*Calcare totale**Metodo V.1 "Determinazione del calcare totale"*

Permette di determinare la totalità dei carbonati (CaCO_3 , MgCO_3 , Na_2CO_3) presenti in un suolo. Il dato si esprime in g/kg di CaCO_3 senza cifre decimali. La valutazione agronomica del terreno è fissata in base ai valori riportati in tabella:

<i>Calcare totale (g/kg)</i>	<i>Valutazione</i>
Inferiore a 25	Poveri
Tra 25 e 100	Mediamente dotati
Tra 100 e 150	Ben dotati
Tra 150 e 250	Ricchi
Superiore a 250	Eccessivamente dotati

I suoli calcarei sono definiti "suoli alcalini costituzionali" e sono caratterizzati da un pH massimo di 8,2-8,3. Questi valori non sono superati neppure quando il contenuto in calcare totale è elevato; nei casi in cui il pH supera tali valori, le analisi indicano anche la presenza in eccesso di ioni sodio.

Carbonio organico

Il contenuto di carbonio organico nel suolo è in stretta relazione con quello della sostanza organica anche se la composizione di quest'ultima, in genere, è molto variabile.

*Metodo VII.3 "Determinazione del carbonio organico"**(Metodo Walkley-Black)*

I risultati delle analisi sono espressi in g/kg senza cifre decimali. Il contenuto di sostanza organica è stimato indirettamente moltiplicando la concentrazione di carbonio organico per un coefficiente di conversione (fattore di Van Bemmelen - 1,724). Questa procedura rappresenta, però, un'approssimazione giacché il fattore di Van Bemmelen può variare non solo da suolo a suolo, ma anche tra orizzonti diversi dello stesso suolo. Allora sarà più corretto esprimere il dato in carbonio organico piuttosto che come sostanza organica. Tale dotazione è valutata sia in funzione del contenuto di argilla (per suoli privi di calcare), sia in funzione del contenuto di argilla e di calcare. In tabella, si forniscono alcuni parametri orientativi di correlazione fra tessitura del suolo e contenuto di carbonio organico totale.

<i>Dotazione</i>	<i>Classi tessiturali (USDA)</i>		
	Sabbiosa	Franco	Argillosa
	Sabbiosa-franca	Franco sabbio-argillosa	Franco-argillosa
	Franco-sabbiosa	Franco-limosa	Argilloso-limosa
		Argilloso-sabbiosa	Franco-argilloso-limosa
		Limosa	limosa
	<i>Carbonio organico (g/kg)</i>		
Scarsa	Inferiore a 7	Inferiore a 8	Inferiore a 10
Normale	Tra 7 e 9	Tra 8 e 12	Tra 10 e 15
Buona	Tra 9 e 12	Tra 12 e 17	Tra 15 e 22
Molto buona	Superiore a 12	Superiore a 17	Superiore a 22

Azoto totale

Le riserve di azoto nel terreno sono costituite da azoto organico (dal 95 al 99%) e da azoto ammoniacale fissato.

Metodo XIV.3 "Determinazione dell'azoto totale per distillazione secondo Kjeldahl"

L'analisi è in grado di valutare tutte le forme azotate del suolo solo se la metodologia è condotta con rigore.

La determinazione dell'azoto col metodo Kjeldahl, valore espresso in g/kg con una sola cifra decimale, rientra ancora nelle analisi di routine perché il dato dell'azoto, sia come tale, sia riferito al carbonio organico, fornisce indicazioni sulla natura e sul comportamento della matrice organica. Tuttavia, poiché il rifornimento di ioni ammonio e nitrato alla soluzione circolante è governato dalla velocità di alterazione della sostanza organica presente nel suolo, non sempre questa analisi è in grado di determinare la totalità dell'azoto ammoniacale per la quota che è fissata nei reticoli argillosi. Poiché il contenuto di azoto è, almeno in linea generale, in relazione con la sostanza organica, la valutazione agronomica del terreno dovrà prendere in considerazione sia livelli di azoto che quelli di sostanza organica.

<i>Sostanza organica (g/kg)</i>	<i>Azoto totale (g/kg)</i>	<i>Valutazione agronomica</i>
Inferiore a 10	Inferiore a 0,5	Molto basso
Tra 10 e 20	Tra 0,5 e 1	Basso
Tra 20 e 30	Tra 1 e 1,5	Mediamente fornito
Superiore a 30	Superiore a 1,5	Ben fornito

Fosforo assimilabile

È la quota dell'elemento presente in soluzione e più facilmente disponibile alla pianta. Tra i numerosi metodi elaborati per il dosaggio del fosforo assimilabile, la scelta è dettata dal riscontro del pH del suolo. Nel caso di suoli acidi, caratterizzati dalla presenza di carbonato di calcio, il metodo "Olsen" è quello consigliato.

Metodo XV.3 "Determinazione del fosforo assimilabile"
(Metodo Olsen)

Il contenuto di fosforo è espresso in mg/kg di anidride fosforica (P_2O_5) senza cifre decimali. La valutazione del fosforo assimilabile ha lo scopo di valutare il comportamento del suolo nei confronti dell'asporto o dell'aggiunta di fosforo, piuttosto che fornire indicazioni dirette sullo stato di fertilità fosfatica. Per valori di fosforo nel suolo inferiori a 34 mg/kg (metodo Olsen), è presumibile che la maggior parte delle piante sia in grado di rispondere positivamente alla concimazione fosfatica. Viceversa, dotazioni superiori a 69 mg/kg (P_2O_5) sono da considerarsi adeguate e in grado di assicurarne il pieno rifornimento per lo sviluppo delle piante.

P_2O_5 (mg/kg)	Valutazione
Inferiore a 34	Molto basso
Tra 34 e 69	Basso
Tra 69 e 103	Medio
Tra 103 e 160	Alto
Superiore a 160	Molto alto

Capacità di scambio cationico

Metodo XIII.1 "Determinazione della capacità di scambio cationico con ammonio acetato"

Si applica a suoli contenenti meno di 50 g/kg di calcare totale. Il dato è espresso in milleivalenti a centimoli di carica per 100 grammi di suolo e con una cifra decimale.

La stessa analisi può essere eseguita anche con il *Metodo XIII.2 "Determinazione della capacità di scambio cationico con bario cloruro e trietanolammina"*. Tale procedura non è idonea ai suoli caratterizzati da un elevato contenuto di allofane¹⁰ poiché produce risultati inferiori a quelli accertati con altre metodologie. Il dato si riporta come milleivalenti per 100 grammi di suolo e con una cifra decimale. Nei suoli coltivati, la capacità di scambio cationico oscilla da un minimo di 5 a un massimo di 50 meq/100 g di suolo; in quelli torbosi può raggiungere valori

anche prossimi a 200. Nello schema seguente sono riportate le diverse valutazioni della fertilità potenziale di un suolo:

<i>Csc (meq/100 g di suolo)</i>	<i>Valutazione</i>
Inferiore a 5	Molto bassa
Tra 5 e 10	Bassa
Tra 10 e 20	Media
Superiore a 20	Alta

I suoli dell'area mediterranea hanno un sistema di scambio costituito, prevalentemente, da argille fillosilicate¹¹ e da sostanza organica. La capacità di scambio è funzione anche del tipo di fillosilicato (maggiore nel gruppo delle vermiculiti¹², minore in quello delle caoliniti¹³) ed è elevata nella sostanza organica (spesso maggiore a 300 meq/100 g di suolo).

Basi di scambio (calcio, magnesio, potassio e sodio)

Le basi scambiabili e l'acidità potenziale, che insieme costituiscono il complesso di scambio, sono analizzate con il *Metodo XIII.5 "Determinazione delle basi di scambio con bario cloruro e trietanolammina"*.

Il contenuto di ciascun catione di scambio è espresso in mil-lequivalenti per 100 g di suolo (meq/100 g) e con una cifra decimale oppure, secondo una forma più moderna, come valore percentuale che il catione preso in esame occupa sul complesso di scambio (% Csc). A titolo di esempio si riportano entrambe le unità di misura, distinguendo la forma espressa in mg/kg (per il potassio) dagli altri elementi che sono indicati come valore percentuale. La valutazione agronomica del potassio, il più importante tra i cationi scambiabili per la nutrizione della pianta, è riferita alla tessitura del terreno.

<i>Valutazione</i>	<i>Potassio scambiabile (mg/kg di K₂O)</i>		
	<i>Sabbia > 60%</i>	<i>Franco</i>	<i>Argilla > 35%</i>
Basso	Inferiore a 102	Inferiore a 120	Inferiore a 144
Normale	Tra 102 e 144	Tra 120 e 180	Tra 144 e 216
Elevato	Tra 145 e 180	Tra 181 e 217	Tra 217 e 265

Se si valuta un basso livello di quest'elemento, la risposta alla concimazione potassica è certa o, in ogni caso, molto probabile; con livelli normali è meno probabile mentre, con livelli elevati, è sicuramente superfluo qualsiasi apporto di concimazione.

Tab. 1 - Valori standard per l'interpretazione dell'analisi del terreno limitati alle basi di scambio cationico (percentuale della Csc)

Basi di scambio	Valutazione		
	Na ⁺	Mg ²⁺	Ca ²⁺
Molto basso			< 35
Basso		< 5	35-55
Normale	< 5		
Medio		5-10	55-70
Leggermente alto	5-10		
Alto	10-15	10-15	> 70
Molto alto	> 15	> 15	

Fonte: Gazzetta Ufficiale n. 248 del 21 ottobre 1999.

La valutazione agronomica del *calcio* interessa non solo lo specifico aspetto nutrizionale, ma anche la capacità dell'elemento di migliorare le caratteristiche chimiche, fisiche e biologiche del suolo. Carenze di calcio, nel nostro ambiente, sono abbastanza rare. Generalmente, si manifestano su terreni acidi a bassa capacità di scambio cationico (Csc) e soggetti a intensa lisciviazione (zone ad elevata piovosità o con notevoli apporti idrici).

Il *magnesio*, nonostante il suo ruolo fisiologicamente importante, è richiesto dalla pianta in quantità assai minori rispetto al calcio e al potassio. Nei nostri ambienti, valori prossimi a 5 (espressi come percentuale della Csc), sono considerati normali; per valori compresi tra 10 e 15 (%) la valutazione rientra nei contenuti elevati.

Il *sodio*, nella Csc deve essere considerato soprattutto in funzione dell'antagonismo che esercita nei confronti degli altri cationi: magnesio e potassio possono essere ostacolati nell'assorbimento dall'eccessiva presenza di sodio. Valori inferiori a 5% sono da considerarsi normali mentre, al di sopra, si manifestano sintomi di tossicità per la coltura e un peggioramento delle caratteristiche fisiche del suolo.

Rapporto C/N

Rappresenta il rapporto esistente tra la quantità di carbonio organico (C) e la quantità di azoto totale (N) del suolo o nel materiale organico. Tale rapporto definisce il tipo di *humus* presente nel terreno. Nei terreni ricchi di sostanza organica ben

umificata, il rapporto è compreso tra 8 e 12 mentre sale oltre 15 nei terreni biologicamente meno attivi e con mineralizzazione più lenta. Il rilascio di azoto dai residui colturali dipende dal rapporto C/N. Se questo è inferiore a 20, una certa quantità di azoto, che è liberato dai residui, è ceduta al terreno. Qualora invece il rapporto sia compreso tra 20 e 30-35, l'azoto presente nei residui è consumato nel processo di umificazione, per cui non si ha né rilascio né immobilizzazione. Infine, se il rapporto è superiore a 30-35 non si ha rilascio ma, al contrario, l'azoto inorganico presente nel terreno è utilizzato dai microrganismi che riducono le disponibilità per l'apparato radicale.

Tra i diversi nutrienti possono verificarsi rapporti d'antagonismo; per questo motivo è fondamentale considerare non solo la carenza in termini assoluti, e quindi la scarsità sul complesso di scambio, ma anche l'assimilabilità degli elementi.

Calcio, magnesio e potassio presentano questi problemi.

L'esempio di seguito descritto si riferisce al rapporto magnesio/potassio, per il rapporto calcio e magnesio si rimanda alla valutazione espressa nella *tab. 3*.

Rapporto Mg/K

In generale la valutazione del rapporto Mg/K è quella evidenziata nella *tab. 2*.

Tab. 2 - Valori standard per l'interpretazione dell'analisi del terreno per i rapporti magnesio-potassio	
<i>Mg/K</i>	<i>Valutazione</i>
Inferiore a 0,5	<i>Molto basso.</i> Sono molto probabili magnesio carenze indotte per tutte le colture
Tra 0,5 e 1,0	<i>Basso.</i> Sono probabili magnesio carenze indotte a carico di: ortaggi, fruttiferi e colture sotto serra
Tra 1,0 e 2,0	<i>Leggermente basso.</i> Magnesio carenze indotte sono probabili per fruttiferi e per colture sotto serra
Tra 2,0 e 6,0	<i>Ottimale.</i> Magnesio carenze non sono probabili; magnesio e potassio sono presenti in quantità equilibrate
Tra 6,0 e 10,0	<i>Leggermente alto.</i> Probabili effetti antagonisti del magnesio sull'assorbimento del potassio

Fonte: Gazzetta Ufficiale n. 248 del 21 ottobre 1999.

Tab. 3 - Valori standard per l'interpretazione dell'analisi del terreno agrario

VALORI STANDARD PER UNA BUONA PRATICA AGRONOMICA			
Parametro	Dotazione		
	Alta	Media	Scarsa
Sostanza organica (g/kg)	> 30	32-30	< 10-20
Azoto totale (g/kg)	>1,5	0,5-1,0	< 0,5
Fosforo assimilabile P ₂ O ₅ (mg/kg)	>103	69-103	< 69
Csc (meq/100 g di suolo)	> 20	20-10	10-5
Calcare totale (g/kg)	> 100	100-25	< 25
Potassio scambiabile* (mg/kg di K ₂ O)	> 180	120-180	< 120
Calcio scambiabile (% Csc)	> 70	70-55	< 55
Magnesio scambiabile (% Csc)	> 10	5-10	< 5
Sodio scambiabile (% Csc)	> 5	> 5	
Rapporto Mg/K	6-2	2-1	1-0,5
Rapporto Ca/Mg	6-12		
Rapporto C/N (mineralizzazione)	≅10; > 10 bassa mineralizzazione; <10 alta mineralizzazione		
Fe	Da 5 a 30 ppm		
Zn	Da 1 a 10 ppm		
Cu	Da 0,5 a 1 ppm		

Fonte: Gazzetta Ufficiale n. 248 del 21 ottobre 1999.
* Dati in terreno a tessitura "franco".

A tutt'oggi i valori di riferimento per l'interpretazione delle analisi del terreno agrario, in funzione della coltivazione dell'olivo e dei fruttiferi in genere, non sono stati ancora definiti.

Nella *tab. 3*, per una buona pratica agronomica, sono proposti i valori dei diversi nutrienti pubblicati sulla Gazzetta Ufficiale.

1.2. Analisi fogliare

L'analisi fogliare serve per determinare la composizione chimica del lembo della foglia¹⁴ e per valutare il rapporto tra i principali elementi (N, P, K, Ca ecc.).

Tra le tecniche messe a disposizione per stabilire lo stato di salute delle piante e le esigenze nutritive per migliorarne lo sviluppo, la diagnostica fogliare possiede una specifica validità. Ciò è vero se si accettano i seguenti presupposti: che la foglia rappresenta il sito principale del metabolismo della pianta; che l'a-

nalisi della foglia rispecchia lo stato nutrizionale dell'albero e, indirettamente, il livello di fertilità del terreno; che apporti nutritivi distinti si riflettono nelle analisi delle foglie e che le variazioni misurate nella composizione del lembo fogliare sono legate a differenti stadi di sviluppo e di produzione della pianta.

L'analisi fogliare offre, inoltre, interessanti possibilità di riconoscere e/o confermare una diagnosi su sintomi visibili di disordine che possono derivare da "deficienze" (Recalde & Esteban, 1964) o "tossicità"; di identificare interazioni sinergiche o antagonistiche tra i nutrienti; di verificare se i fertilizzanti apportati con la concimazione sono stati assorbiti dalla pianta ed, infine, di fornire una valida guida per mantenere ottimale il livello nutrizionale prestabilito.

Questa tecnica, tuttavia, non è scevra da incertezze, considerata la riconosciuta complessità per l'olivo di stabilire i contenuti degli elementi e l'equilibrio dei rapporti, i valori "ottimali" per ciascun nutriente e, finalmente, le relazioni tra il livello dei singoli elementi minerali nella foglia e la fertilità del suolo. Esistono, tra l'altro, problemi legati alla scelta di una metodologia statisticamente efficace per l'interpretazione delle analisi fogliari nel caso in cui si voglia definire, per un comprensorio olivicolo, uno standard di riferimento che tenga conto delle numerose cause di variabilità.

Per rendere concrete queste affermazioni, nelle *tabb. 4 e 5* sono riportati i risultati di un esperimento condotto nella realtà olivicola toscana (Failla *et al.*, 1997) e quelli che Troncoso (l.c.), propone per l'olivicoltura andalusa (Troncoso, 1998).

Gli esempi potrebbero indurre ad errate considerazioni quando si decida di utilizzarli per interpretare le analisi fogliari di un determinato campione. In realtà, la proposta del confronto ha due obiettivi: persuadersi dell'enorme variabilità che si può riscontrare dai risultati di una semplice analisi fogliare, e comprendere che essi servono per definire se i livelli dei nutrienti presenti sono adeguati, normali o critici (tossici).

Da un punto di vista fisiologico, il nutriente si considera "insufficiente" quando la concentrazione è così bassa che la pianta risponde rapidamente alla somministrazione dell'elemento, migliorando l'accrescimento e la produzione. In questo caso, essa utilizza l'elemento apportato per svolgere le funzioni vitali senza poterne incrementare la concentrazione nei tessuti. Questa affermazione è meglio indicata seguendo quanto espresso in *fig. 1*.

Tab. 4 - Livelli standard proposti per l'interpretazione delle analisi fogliari di piante Frantoio e Leccino in ambienti della Toscana

<i>Nutriente</i>	<i>Periodo invernale</i>	<i>Nutriente</i>	<i>Periodo invernale</i>
Azoto (%)	1,77-2,09	Ferro (ppm)	48-101
Fosforo (%)	0,10-0,17	Manganese (ppm)	21-56
Potassio (%)	0,53-1,03	Boro (ppm)	8-13
Calcio (%)	1,42-2,57	Zinco (ppm)	14-33
Magnesio(%)	0,12-0,21	Rame (ppm)	6-36
Zolfo (%)	0,09-0,17		

Fonte: *Failla et al., 1997.*

Tab. 5 - Livelli medi diversi (adeguato, insufficiente e tossico) di elementi nutritivi nelle foglie di olivo

<i>Elemento</i>	<i>Livello adeguato</i>	<i>Livello insufficiente</i>	<i>Livello tossico</i>
Azoto %	1,5-2,2	< 1,2	> 3,0
Fosforo %	0,1-0,2	< 0,05	sconosciuto
Potassio %	0,8-2,0	< 0,4	sconosciuto
Calcio %	1,5	sconosciuto	> 2,0
Magnesio %	0,1-0,2	sconosciuto	> 2,0
Sodio %	0,08	sconosciuto	0,2
Cloro %	0,12	sconosciuto	0,5
Manganese ppm	20-50	< 10	sconosciuto
Ferro ppm	30-100	< 30	sconosciuto
Zinco ppm	10-60	sconosciuto	sconosciuto
Boro ppm	19-150	< 15	> 185 ppm
Rame ppm	4	sconosciuto	sconosciuto

Elaborazione da dati di *Troncoso (l.c.)* per terreni andalusi.

Quando la carenza nutritiva è “limitata”, l'applicazione dell'elemento provoca un miglioramento dell'accrescimento e della produzione anche se, rispetto a un contenuto insufficiente, la risposta della pianta è più contenuta e, nel contempo, inizia un principio di accumulo nei tessuti.

Il punto di flessione si ha quando l'apporto dell'elemento nutritivo non comporta miglioramenti nello stato complessivo della pianta; in questo caso è stato raggiunto il livello ottimale. A partire da questa concentrazione, l'applicazione di “nuovo

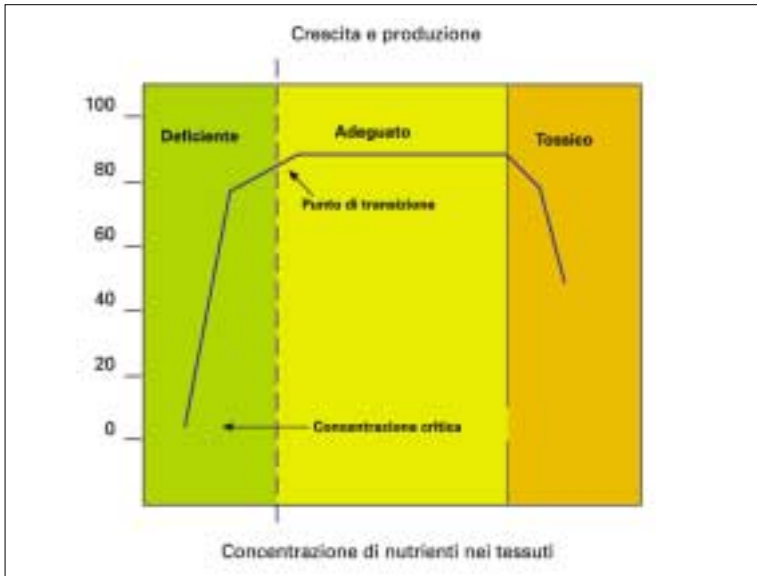


Fig. 1 - Rapporto tra crescita e produttività della pianta in relazione alla concentrazione dei nutrienti in foglie di olivo (Fernández Escobar, 1997)

fertilizzante” fa aumentare solo la concentrazione nei tessuti senza alcun beneficio per la pianta (“alimentazione di lusso”). Infine, quando un elemento è presente in quantità “eccessive”, la pianta reagisce con riduzione dello sviluppo e della produzione e inizia a manifestare condizioni di tossicità.

Il quadro presentato nella *tab. 5* fa riferimento alla specifica area olivicola andalusa. È evidente che per una corretta valutazione dello standard nutrizionale della pianta e per una migliore interpretazione dei dati forniti dalla diagnostica fogliare, occorre poter disporre di dati ottenuti nell’ambiente della propria realtà produttiva. Anche per una corretta valutazione dello standard nutrizionale della pianta, il momento del prelievo del campione di foglie dovrà tenere conto dello stadio fisiologico dell’albero, quindi delle attività metaboliche in atto e delle variabili, in maggior misura di natura agronomica, che possono incidere sulla risposta dell’analisi fogliare.

Di seguito si riportano queste informazioni, e si rimanda al paragrafo successivo per la metodologia dell’analisi fogliare e per la definizione delle esigenze nutritive dell’olivo.

1.2.1. Fattori che influiscono sui risultati delle analisi fogliari

Le fasi fenologiche della pianta, l'età relativa della foglia, la *cultivar*, l'origine del *materiale di propagazione* (olivi innestati o autoradicati), la presenza del *portainnesto*, gli aspetti pedologici del *suolo*, lo *stadio vegetativo* della pianta, i *condizionamenti ambientali* (freddi primaverili, piogge, siccità ecc.), l'applicazione di *tecniche culturali* (irrigazioni, concimazioni ipogee o fogliari), lo *stato produttivo* della pianta e la *metodologia del campionamento*, sono alcuni tra i fattori che debbono essere valutati affinché le informazioni ottenute dall'analisi fogliare possano permettere una corretta interpretazione dello stato nutritivo della pianta e definire le eventuali esigenze nutritive dell'olivo.

In primo luogo, è indispensabile conoscere come la pianta assimila e utilizza, durante il ciclo annuale, i diversi nutrienti disponibili. Effettuando per quattro anni consecutivi analisi periodiche da tessuti della *cultivar* "Manzanilla" è stato possibile costruire curve (*figg. 2, 3 e 4*) che indicano il valore dei macronutrienti nelle foglie (espressi come valore percentuale sulla sostanza secca) in corrispondenza del ciclo annuale (*Gonzales Garcia et al., 1973*). La *fig. 2* mostra, nel particolare, le variazioni di azoto e calcio in foglie di olivo, di un anno di età, durante il ciclo produttivo (aprile-dicembre).

Per questi due elementi le concentrazioni nelle foglie non sono coincidenti durante i diversi stadi fenologici della pianta e variano anche come valori assoluti.

L'andamento delle curve mostra, infatti, che l'azoto ha valori elevati e prossimi a 1,6% dal periodo di espansione della nuova foglia e fino al periodo della fioritura (metà maggio); successivamente, nelle fasi di allegagione e di prima crescita del frutto (circa 30 giorni dopo la fioritura), periodo caratterizzato da intensa moltiplicazione cellulare, l'azoto totale si riduce progressivamente fino all'inizio della maturazione delle olive. Peraltro, dal periodo di lignificazione dell'endocarpo fino all'invaiaatura, alla diminuzione dell'azoto nelle foglie fa riscontro un contemporaneo incremento nei frutti. In autunno, invece, la pianta riesce a recuperare sorgenti di azoto nelle foglie dell'anno e, nelle gemme, per poter rispondere prontamente alle nuove richieste di questo elemento nella prima fase della ripresa vegetativa (*Hartmann, 1950*).

L'assorbimento del calcio ha invece una dinamica più accen-

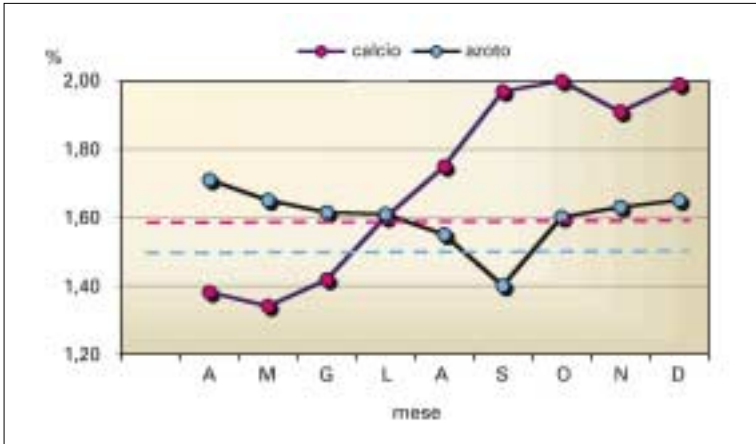


Fig. 2 - Variazione del contenuto di azoto e di calcio in foglie di olivo da alberi in produzione (rielaborazioni da Gonzales Garcia F., 1973). Le linee tratteggiate corrispondono a situazioni di equilibrio ottimale riconosciute per ambienti andalusi dell'azoto e del calcio

tuata (fig. 2). Nel ciclo vegetativo dell'olivo le maggiori percentuali nelle foglie (circa il 1,9%) si ritrovano in coincidenza dell'indurimento del nocciolo (fine luglio-metà agosto) e tale valore aumenta nel tempo con l'invecchiamento delle foglie. Nei tessuti giovani (foglie di neo formazione), durante il periodo estivo, i contenuti di calcio sono sensibilmente più bassi.

I contenuti di fosforo e magnesio nelle foglie risultano su livelli assoluti molto più bassi del calcio e dell'azoto. Tuttavia, mentre i valori del fosforo mostrano una variabilità stagionale limitata (fig. 3), il magnesio mostra un primo trend in crescita nel periodo della fioritura (0,11%) al quale fa seguito una fase di accumulo lento che porta i contenuti totali su valori di 0,16% (periodo conclusivo della maturazione).

Infine, per quanto riguarda il contenuto di potassio, la fig. 4 indica che questo elemento è caratterizzato da una dinamica simile all'azoto, ma con valori assoluti essenzialmente più bassi. La parte più variabile di potassio nelle foglie coincide con il periodo della stagione compreso tra la piena fioritura e l'inizio della maturazione delle olive; anche per il potassio, nell'ultimo periodo della stagione è stato segnalato un leggero incremento nelle foglie necessario per rispondere alle esigenze nutritive nel periodo del risveglio vegetativo della pianta.

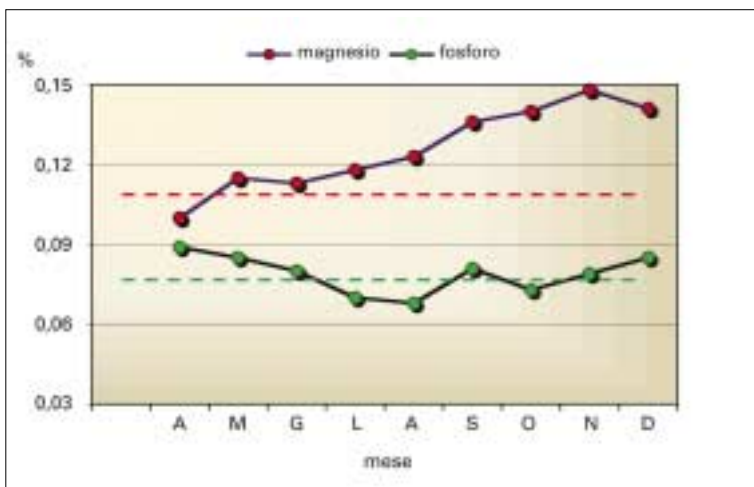


Fig. 3 - Variazione del contenuto di fosforo e magnesio in foglie di olivo da alberi in produzione (*rielaborazioni da Gonzales Garcia, 1973*). Le linee tratteggiate corrispondono a situazioni di equilibrio ottimale riconosciute per ambienti andalusi del magnesio e del fosforo

Tab. 6 - Livelli standard proposti per l'interpretazione delle analisi fogliari di piante "Frantoio" e "Leccino" in ambienti della Toscana

Nutriente	Fioritura	Indurimento nocciolo	Riposo invernale
Azoto (%)	1,77-2,32	1,61-2,26	1,77-2,09
Fosforo (%)	0,12-0,21	0,11-0,17	0,10-0,17
Potassio (%)	0,76-1,61	0,88-1,76	0,53-1,03
Calcio (%)	0,71-2,33	0,92-2,64	1,42-2,57
Magnesio(%)	0,11-0,18	0,13-0,22	0,12-0,21
Zolfo (%)	0,09-0,18	0,09-0,17	0,09-0,17
Ferro (ppm)	43-124	51-150	48-101
Manganese (ppm)	21-52	23-56	21-56
Boro (ppm)	12-24	13-23	8-13
Zinco (ppm)	15-30	12-25	14-33
Rame (ppm)	6-26	5-21	6-36

Fonte: Failla et al., 1997.

Tra i fattori che interagiscono sui risultati delle analisi fogliari, la fase fenologica della pianta è stata adeguatamente documentata.

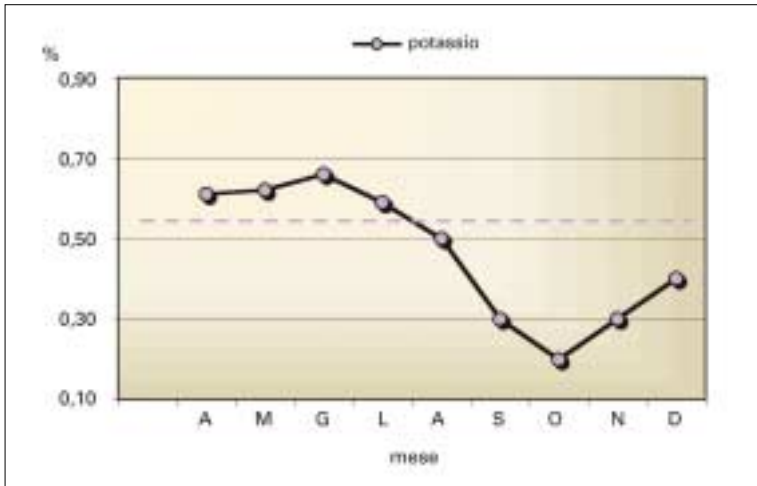


Fig. 4 - Variazione del contenuto di potassio in foglie di olivo da alberi in produzione (rielaborazioni da Gonzales Garcia, 1973). La linea tratteggiata corrisponde alla situazione di equilibrio ottimale riconosciuta per ambienti andalusi

Per rendere concrete queste affermazioni, nella *tab. 6* sono riportati i risultati delle analisi fogliari di olivi “Frantoio” e “Leccino” in esperimento condotto nella realtà olivicola toscana (Failla *et al.*, 1997). Da essa si evince che il risultato delle analisi fogliari cambia in relazione allo stato fenologico della pianta con oscillazioni più accentuate per azoto, calcio, potassio e boro per i microelementi.

L'età relativa della foglia incide sui risultati delle analisi, non tanto in termini di dinamica quanto in termini di quantità dei nutrienti.

Bouat (Bouat *et al.*, 1951; 1953; 1954; 1958; 1964), che per primo ha segnalato queste valutazioni, ha potuto verificare che il valore della nutrizione globale¹⁵, in foglie di un anno di età, si riduce dal 5,03% al 3,15% quando le stesse sono diventate vecchie (tre anni) e sono prossime all'abscissione. Ulteriori suoi studi hanno, inoltre, evidenziato andamenti simili quando il confronto dell'analisi fogliare è stato condotto in due diversi momenti della stagione.

Nelle foglie di circa un anno di età, i valori della nutrizione globale variano da un minimo di 3,21% (periodo della sclerificazione dell'endocarpo) a un massimo del 5,03%, (maturazio-

Tab. 7 - Contenuto di macroelementi in foglie di olivo Frantoio (F) e Moraiolo (M) durante la stagione di crescita

Data	Azoto		Potassio		Calcio		Fosforo	
	F	M	F	M	F	M	F	M
23/05	1,56	1,52	0,67	0,45	1,05	0,72	0,12	0,14
02/06	1,27	1,35	0,66	0,59	0,94	0,92	0,08	0,11
22/06	1,13	1,32	0,79	0,59	0,79	0,99	0,09	0,08
16/07	1,33	1,34	0,81	0,52	1,28	1,01	0,09	0,09
08/08	1,32	1,31	0,67	0,48	1,32	1,02	0,16	0,16
05/09	1,23	1,22	0,62	0,41	1,61	1,51	0,16	0,15
24/10	1,35	1,37	0,68	0,55	2,07	2,01	0,16	0,14
15/11	1,45	1,42	0,76	0,57	2,11	1,98	0,15	0,14

Fonte: Cimato et al., 1993.

ne); nelle foglie di due anni di età, le variazioni oscillano da un minimo di 2,70% (agosto) a un massimo di 4,04% (dicembre); e, infine, nelle foglie vecchie di tre anni, dal 2,45% al 3,15%.

Entrando nel merito delle valutazioni per i singoli macronutrienti, dal primo al terzo anno di età della foglia, l'azoto ha una diminuzione percentuale che può arrivare a un terzo del valore misurato nella foglia di un anno di età. Il contenuto in fosforo diminuisce tra il primo e il secondo anno, mentre si mantiene costante nelle foglie tra il secondo e il terzo. Il potassio mostra valori maggiori nelle foglie giovani, e via via che invecchiano si riduce. Infine, per quanto riguarda il calcio, la concentrazione aumenta notevolmente con l'invecchiamento delle foglie tanto che, in quelle di tre anni di età, le percentuali sono più che doppie rispetto ai valori delle foglie di un anno.

Si è voluto chiarire come l'analisi fogliare fornisca risposte diverse anche in relazione al campione di foglie analizzato e come, durante l'invecchiamento, nelle foglie si verifichi una forte variazione del valore della nutrizione globale.

A questo punto, non resta che analizzare gli altri fattori che sono in grado di "incidere" sulla concentrazione dei nutrienti nelle foglie di olivo.

La *cultivar* svolge un ruolo importante in quanto ciascuna varietà ha una diversa capacità di assorbire gli elementi nutritivi presenti nel suolo. È un fattore prettamente sotto il controllo genetico e, come tale, è legato anche all'attività fotosintetica e al

metabolismo della pianta. Questa informazione, verificata in numerose specie (agrumi, vite, ecc), per l'olivo è stata approfondita dai contributi di Bouat (*I.c.*) e Cimato (*Cimato et al., 1993*). Il primo ha riscontrato, per due cultivar, nello stesso appezzamento, valori della nutrizione globale rispettivamente del 2,51% e del 3,66%. Il secondo, dalle analisi delle foglie di piante adulte (*tab. 7*), ha potuto verificare, in un oliveto della collina fiorentina (Scandicci), assorbimenti superiori per calcio e potassio da olivi "Frantoio" rispetto a piante di "Moraiole".

Altri studi hanno dimostrato che, anche nell'ambito della stessa cultivar, i valori di riferimento sono diversi a seconda dell'origine del materiale di propagazione: piante propagate per innesto o per talea (autoradicate).

La *tab. 8* riporta i risultati ottenuti in Sicilia (*Crescimanno et al., 1975*). Il confronto ha evidenziato sostanziali variazioni negli equilibri nutritivi tra piante autoradicate di "Frantoio", "Ascolana" e "Coratina" e le stesse varietà propagate per innesto. In particolare, i valori della nutrizione complessiva sono stati rispettivamente: 2,00%, 1,90% e 1,78% per il primo gruppo di olivi e 2,41%, 2,09% e 1,69% per le piante innestate.

Questi risultati confermano, in modo inequivocabile, il ruolo dell'apparato radicale e quindi del *portainnesto* sul rifornimento

Tab. 8 - Livelli medi di macroelementi e alimentazione globale in olivi ottenuti con diverse tecniche di propagazione (percentuale N + P ₂ O ₅ + K ₂ O)						
Cultivar	N (%)	P ₂ O ₅ (%)	K ₂ O (%)	Ca (%)	Mg (%)	Alimentazione globale
Frantoio autoradicata	1,15	0,14	0,71	2,99	0,20	2,00
Frantoio innestata	1,29	0,20	0,92	2,72	0,19	2,41
Ascolana autoradicata	1,27	0,18	0,45	2,41	0,36	1,90
Ascolana innestata	1,35	0,19	0,55	2,16	0,16	2,09
Coratina autoradicata	0,97	0,15	0,66	3,10	0,28	1,78
Coratina innestata	1,14	0,16	0,39	2,47	0,12	1,69

Fonte: *Crescimanno et al., 1975*.

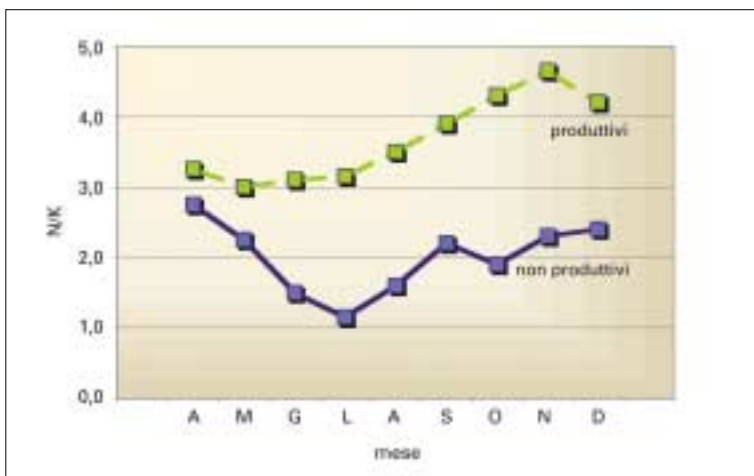


Fig. 5 - Variazione del rapporto N/K in foglie di olivo da alberi in alternanza di produzione (rielaborazioni da Poli, 1986). La linea tratteggiata corrisponde alle piante in anno di produzione

nutritivo della pianta e, di conseguenza, sulla composizione chimica delle foglie. Poli, riprendendo lavori sperimentali condotti in Andalusia ribadisce che anche lo stato produttivo della pianta incide sull'evoluzione dei nutrienti nelle foglie e sui contenuti totali (Poli, 1986).

La ricerca degli spagnoli (Gonzales Garcia et al., 1973) ha evidenziato (fig. 5) che negli impianti caratterizzati da una marcata alternanza di produzione, gli olivi, negli anni di carica, si distinguono per un progressivo incremento nelle foglie del rapporto Azoto/Potassio; inoltre, che tale incremento si conclude solo verso la fine della stagione vegetativa (novembre-dicembre). Negli anni di scarica, invece, ad eccezione del periodo della fruttificazione, tale rapporto non mostra variazioni significative.

Altre informazioni sono note per quanto riguarda la variazione del rapporto Calcio/Potassio (fig. 6).

Il confronto dei valori tra piante negli anni di scarica e di carica indica un trend decrescente, da aprile a settembre, nella prima tipologia di olivi e contenuti sempre crescenti quando le piante si trovano in uno stato di attiva produzione. In concreto, per valutare correttamente i risultati delle analisi fogliari, questa informazione chiarisce che, nel metabolismo della pianta, il ruolo svolto da ciascun elemento non è indipendente ma è lega-

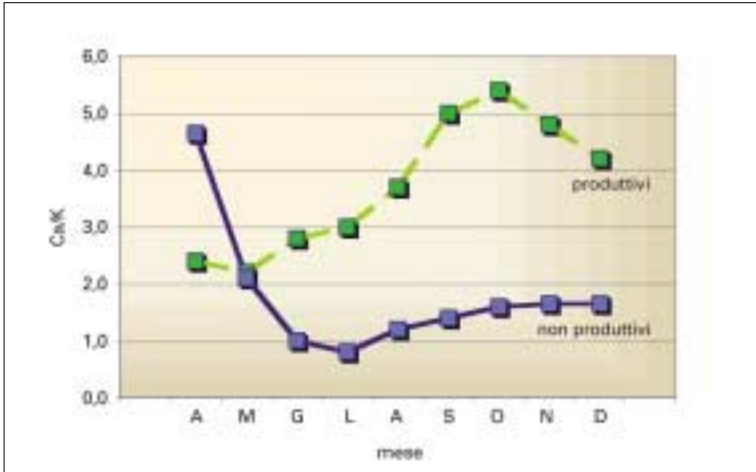


Fig. 6 - Variazione del contenuto di potassio in foglie di olivo da alberi in produzione (rielaborazioni da *Gonzales Garcia, 1973*). La linea tratteggiata corrisponde alle piante in anno di produzione

to a quello degli altri nutrienti essenziali; inoltre, che occorre tenere conto anche delle variazioni dei rapporti N/K e Ca/K se l'oliveto manifesta fenomeni di alternanza di produzione.

Variazioni nei risultati delle analisi fogliari sono segnalate anche quando la stessa cultivar occupa suoli diversi (*Chaves et al., 1976*). Si conferma, ancora una volta, l'interazione del terreno sulle condizioni nutritive della pianta e quindi, la necessità di definire, nell'ambito di aree colturali specifiche, standard nutrizionali a cui fare riferimento per una migliore interpretazione dei dati forniti dalla diagnostica fogliare.

Per la Toscana, il lavoro di Failla (*l.c.*) ha dimostrato questa relazione e lo stretto rapporto tra le caratteristiche fisico-chimiche, la disponibilità in nutrienti del terreno e i risultati delle analisi fogliari. Tra i fenomeni più interessanti si riportano i seguenti: in suoli sub-alcasini, l'assorbimento di calcio, magnesio e zinco, così come si può leggere dal risultato delle analisi fogliari, è inferiore rispetto alle reali dotazioni del terreno (questo risultato è meglio evidenziato quando le analisi delle foglie sono eseguite in fioritura); analogamente, l'analisi fogliare mostra livelli di potassio ridotti quando è bassa nel terreno la dotazione di questo elemento in forma scambiabile (il risultato è meglio evidenziato con analisi condotte nell'ultimo periodo della stagione).

González e Troncoso (1972) hanno riscontrato una correlazione positiva tra fosforo, potassio e calcio disponibili nel terreno e livelli dei corrispettivi nutrienti nelle foglie di olivo; Jordão (1990) ha riscontrato la stessa correlazione anche per il boro.

Lo *stadio vegetativo* della pianta è importante in quanto informa sulla diversa mobilità floematica degli elementi nutritivi e chiarisce quale sia il periodo della stagione più significativo per ottenere concrete determinazioni dalle analisi fogliari.

È noto che alcuni elementi (calcio, magnesio, ferro e zinco) sono caratterizzati da scarsa mobilità per cui, qualora l'analisi dei tessuti fosse eseguita da campioni di foglie prelevate nel periodo vegetativo più intenso (fioritura), le analisi potrebbero evidenziare valori piuttosto modesti seppur tali elementi sono presenti nel suolo a concentrazioni soddisfacenti. Le stesse analisi forniranno, invece, contenuti elevati di potassio e azoto perché tali macronutrienti hanno maggiore mobilità floematica.

Con questo esempio si è tentato di chiarire che, per essere significativa, l'analisi fogliare dovrà essere condotta su un campione di foglie prelevato nel momento in cui la pianta ha una ridotta attività vegetativa (fine autunno-inverno).

Infine, è indubbio che l'azione dei *fattori ambientali* (pluviometria, siccità ecc.), di quelli *agronomici* (lavorazioni, inerbimenti, sovesci ecc.) e della *tecnica culturale* (potature energiche, irrigazioni di soccorso, concimazioni fogliari ecc.) sono elementi in grado di condizionare la ricchezza in nutrienti inorganici nelle foglie di olivo.

Una primavera caratterizzata da precipitazioni scarse fa sì che il contenuto di elementi minerali nelle foglie risulti modesto, mentre frequenti piogge primaverili, così come ricche concimazioni fogliari e interventi irrigui di soccorso, favoriscono una maggiore presenza di nutrienti inorganici nelle foglie di olivo (Prevot et al., 1960).

La valutazione di tutti questi fattori, che interagiscono sulla presenza dei nutrienti nelle foglie di olivo, sta a indicare chiaramente che la ricerca di risultati attendibili è condizionata anche dall'utilizzo di una rigida metodologia per la scelta e preparazione del campione.

1.2.2. Analisi fogliare (metodologia)

Nonostante sia stato già evidenziato che numerosi sono i fattori che influiscono sul metabolismo dei nutrienti, l'analisi fogliare rappresenta, ancora oggi, il mezzo più pratico per conoscere lo stato nutrizionale dell'olivo, per indicare eventuali elementi deficitari, per evitare inutili apporti di fertilizzanti e di conseguenza per orientare al meglio la tecnica della concimazione (Maume et al., 1956). Di seguito, si tenterà di chiarire le procedure del campionamento, e saranno prese in esame: la scelta delle piante, dei rami, del materiale vegetale da campionare (foglie) e l'epoca del campionamento (stadio fenologico della pianta, condizioni ambientali e orario della giornata).

Epoca del campionamento. Nel paragrafo precedente è stato già messo in evidenza che la concentrazione di elementi inorganici nelle foglie varia a seconda della stagione. A primavera, molti dei nutrienti sono accumulati nel fusto e nelle radici e si rendono disponibili per le gemme e per i tessuti in crescita. Col progredire della stagione l'assorbimento radicale si intensifica, per cui la traslocazione dal terreno è più attiva. Nelle foglie, le concentrazioni aumentano nei periodi della stagione di massima attività metabolica della pianta (fine maggio-agosto) per poi stabilizzarsi nell'inverno, in coincidenza degli abbassamenti termici. Questa è l'epoca da preferire per prelevare i campioni di foglie da destinare alle analisi.

Individuazione dell'unità di campionamento. L'unità di campionamento deve essere un appezzamento a oliveto omogeneo e di superficie non superiore ai due ettari.

La valutazione dello stato nutrizionale medio delle piante deve prendere, come campione, alberi della stessa cultivar, coetanei e omogenei per origine del materiale di propagazione (olivi ottenuti da talea o da innesto), per stato sanitario, per stato vegetativo e per produttività. Qualora nell'appezzamento coesistessero cultivar diverse, l'accertamento dello stato nutrizionale dovrà essere effettuato sulla varietà di maggiore interesse economico. Lo stesso deve essere fatto nel caso in cui esistano diverse combinazioni d'innesto o piante molto differenti di età.

Selezione delle piante. La prima raccolta delle foglie è effettuata su 10 piante scelte in modo casuale, ma rappresentative del-

l'unità di campionamento. Sono da evitare le piante situate nei filari periferici o di margine, così come non devono essere campionate quelle piante che per caratteristiche vegetative, produttive e sanitarie si discostano dalle reali condizioni medie. Può essere conveniente segnare, in modo permanente, le piante prescelte per poterle facilmente individuare in futuro. Ciò permetterà di campionare nel corso della stagione e negli anni successivi le medesime piante con evidenti vantaggi nell'interpretazione dei risultati analitici.

Per la corretta valenza dei risultati è indiscusso che, nei giorni che precedono il campionamento, le piante non devono essere sottoposte a trattamenti fogliari quali, ad esempio: concimazioni alla chioma, interventi per la difesa da parassiti.

Scelta dei rami. Su ogni pianta si prelevano otto rametti dell'anno di medio vigore (2 per punto cardinale). Sono da scartare i rami sterili (polloni e succhioni) che, per l'estrema vigoria hanno nel lembo fogliare concentrazioni in elementi nutritivi differenti e più elevate rispetto a campioni analoghi di foglie raccolte da rami fertili.

Scelta delle foglie da campionare. Generalmente, è sufficiente un campione di 80-100 foglie, se tutte provengono da un blocco omogeneo di piante. Se, invece, le piante differiscono notevolmente per varietà o per età, e se crescono su diverse tipologie di terreno, il campionamento dovrà essere separato. Dal rametto vanno eliminate le prime foglie, quelle più prossime all'apice (vegetazione più giovane) e le più distanti (formatesi in primavera e di conseguenza relativamente più vecchie tra quelle dell'anno) prelevando, per la preparazione del campione, le foglie restanti con picciolo.

Le foglie devono essere mature, sane e di normale dimensione. Si dovranno scartare tutte le foglie "anomale" o che provengono da alberi anormali, a meno che questa situazione sia dovuta proprio al problema nutrizionale che si intende risolvere.

Età delle foglie da campionare. Le foglie da destinare alla preparazione del campione devono essere giovani e avere età compresa fra tre e cinque mesi (Fernández Escobar, 1997). Questo aspetto metodologico, introdotto già in precedenza, merita un ulteriore approfondimento che, nello specifico, è bene illustrato

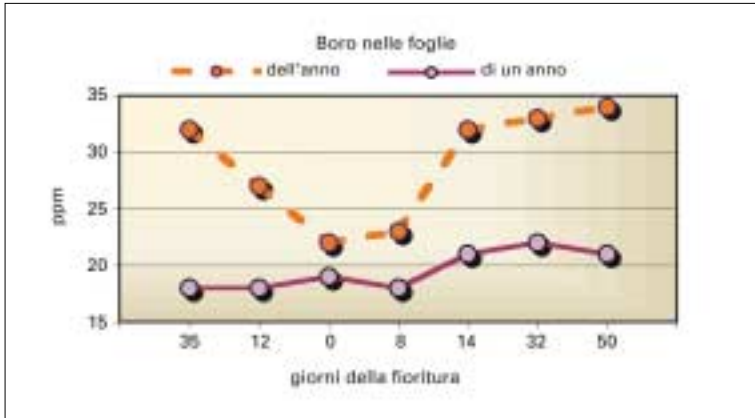


Fig. 7 - Variazione del contenuto di boro (valori in ppm) in foglie di olivo "vecchie" (di un anno di età) e in foglie formate durante la stagione di crescita della pianta (Fernández Escobar, 1997).

(fig. 7) dalle esperienze condotte a Cordoba da ricercatori spagnoli (Delgado et al., 1994).

La fig. 7 confronta l'intensità delle variazioni del boro in foglie di olivo da campioni preparati con materiale "vecchio" (di un anno di età) oppure da foglie "giovani" (produzione dell'anno).

Condizioni ambientali e orario del campionamento. È preferibile raccogliere le foglie nelle prime ore della giornata, non appena l'eventuale rugiada si sia asciugata. Il campionamento non va eseguito in caso di pioggia.

L'interpretazione dei risultati dell'analisi fogliare deve ricercare la massima espressione della produttività e il migliore rapporto quantità-qualità, sulla base dell'interazione che si realizza tra cultivar (genotipo) e ambiente di coltura. A tale scopo, una volta misurato lo stato nutrizionale delle piante, la verifica va condotta riferendosi alle concentrazioni ottimali dei diversi elementi riportate in letteratura e/o determinate, per l'olivo, con prove di campo (Bandino & Dettori, 2001; Troncoso, 1998) oltre che ai test realizzati con metodologie codificate (crescita di olivi in contenitore, coltura idroponica¹⁶, aeroponica) (Panetsos, 1961; Deidda, 1968; Gavalas, 1975; Mazueloset et al., 1979; Therios et al., 1982; Li et al., 1983; Fiorino et al., 1984; Therios, 1984; Troncoso et al., 1984; Tattini et al., 1986). Naturalmente, per ciascun composto (macro e micro nutrienti), occorrerà fare riferimento sia ai

Tab. 9 - Rielaborazione da linee guida per l'interpretazione delle analisi fogliari proposte per gli oliveti della Sardegna

<i>Elemento</i>	<i>Valutazioni</i>	<i>Concentrazione di riferimento</i>
Azoto	Carente al di sotto di	1,4%
	Adeguato	1,5-2,2%
Fosforo	Adeguato	0,1-0,3%
Potassio	Carente al di sotto di	0,4%
	Adeguato	> 1,8%
Calcio	Adeguato	> 1,5%
Magnesio	adeguato	> 0,1%
Sodio	Eccessivo	> 0,2%
Boro	Carente al di sotto di	14 ppm
	Adeguato	19-150 ppm
	Eccessivo	> 185 ppm
Rame	Adeguato	> 4 ppm
Manganese	Adeguato	> 20 ppm
Zinco	Adeguato	> 10 ppm
Ferro	Adeguato	> 30 ppm

Fonte: *Bandino e Dettori, 2001.*

Tab. 10 - Valori dei nutrienti nelle foglie a diversi stadi fenologici della pianta. Media delle cultivar Frantoio e Leccino

<i>Nutriente</i>	<i>Fioritura</i>	<i>Indurimento nocciolo</i>	<i>Riposo invernale</i>
Azoto (%)	2,04	1,93	2,09
Fosforo (%)	0,16	0,14	0,13
Potassio (%)	1,18	1,32	0,78
Calcio (%)	1,52	178	1,99
Magnesio (%)	0,14	0,16	0,15
Zolfo (%)	0,13	0,12	0,12
Ferro (ppm)	73	87	69
Manganese (ppm)	33	36	34
Boro (ppm)	17	17	10
Zinco (ppm)	21	18	21
Rame (ppm)	13	10	15

Fonte: *Failla et al., 1997.*

livelli critici, al di sotto dei quali si verificano nell'olivo stati di carenza, sia ai livelli al di sopra dei quali, nella pianta, si possono originare fenomeni di tossicità.

Nella *tab. 9*, a titolo di esempio, sono riportati gli standard orientativi definiti in Sardegna da Bandino e Dettori (*l.c.*) per interpretare le analisi fogliari.

La comprensione dello "stato nutrizionale" della pianta e delle eventuali esigenze future, si concretizza nel momento in cui i valori dell'analisi fogliare sono confrontati con gli standard di riferimento sia per i livelli "adeguati" che per quelli critici (carenti o potenzialmente tossici). Naturalmente, questa metodologia risente dell'esperienza del tecnico e presenta limiti di conoscenze. È facile, infatti, comprendere che la soluzione di comparare valori di una realtà olivicola specifica con valori standard che fanno riferimento a situazioni e a condizioni agronomico-ambientali diverse, non sfugge a una severa critica metodologica.

Nella *tab. 10*, sono riportati i valori dei nutrienti come sono risultati dall'analisi fogliare di piante "Frantoio" e "Leccino" in determinati stadi fenologici.

Questi valori, che derivano da una mediazione di due cultivar e di terreni molto diversi tra loro, non possono rappresentare interamente l'universo della realtà olivicola toscana o di un determinato comprensorio perché risentono di una metodologia puntiforme e non riproducibile.

Per superare questo problema, comune a quasi tutte le colture arboree a larga diffusione, e per definire, sulla base delle analisi fogliari, i rapporti tra i nutrienti e la situazione nutrizionale della coltura (diagnosi di carenze o squilibri nutrizionali), la ricerca ha suggerito diverse metodologie (*Beaufils et al., 1976; 1977; Schaffer et al., 1988; Beverly et al., 1984; Perretti, 1992*).

Tra gli altri, il DRIS (*Diagnosis and Recommendation Integrated System*), che ha trovato una certa applicazione in viticoltura, è in grado di interpretare i valori delle analisi fogliari comparandole con valori standard che possono essere "critici" e di indicare oscillazioni da valori medi.

Il metodo descrive, su base statistica, lo stato nutrizionale di una popolazione (vigneto, agrumeto ecc.) ad elevata produttività e identifica le variazioni (rapporti, carenze o squilibri nutrizionali) dal campione di cui si desidera conoscere la situazione nutrizionale (*Beaufils, l.c.*).

Non tutti i ricercatori concordano però sull'affidabilità del metodo. Zanco e collaboratori (1988), per esempio, ritengono che alcuni nutrienti, pur dotati di ampia variabilità, non sono in grado di incidere, in maniera rilevante e proporzionalmente diretta, sulla risposta produttiva della pianta. In altri termini, non tutti i nutrienti, con la stessa intensità, sono in grado di condizionare la risposta produttiva della pianta in relazione a quanto viene riscontrato con le analisi fogliari.

In particolare, per la vite, in impianti altamente produttivi, è stata evidenziata discordanza tra i valori delle analisi fogliari condotte con il metodo DRIS e quelli indicati "ottimali" da diversi autori (Scholl, 1979; Ryser, 1982).

È evidente che la risposta del metodo, benché non generalizzabile per la sua applicazione, è attendibile se il numero di dati recuperati nello stesso territorio è sufficientemente elevato e se i dati fanno riferimento a una produzione "ottimale" per una certa coltura. Resta così l'esigenza di definire, anche per l'olivo, i valori d'efficacia statistica da ritenersi "standard" per una produzione "ottimale" e validi per ambienti circoscritti e caratterizzanti situazioni pedoclimatiche omogenee. Un uso corretto degli standard deve, in ogni caso, prevedere eventuali correzioni in conseguenza di eventi non previsti (andamenti climatici particolari hanno notevoli effetti sullo stato nutrizionale della pianta), dell'insorgere improvviso di fenomeni di antagonismo o di sinergismo tra gli elementi nutritivi e, sicuramente, delle risposte vegeto-produttivo che annualmente le piante forniscono.

2. Esigenze nutritive dell'olivo

L'argomento che conclude questo capitolo deve fornire indicazioni su quelle che sono le esigenze nutritive dell'olivo, dal momento che la stessa fertilizzazione mira a realizzare l'equilibrio tra la crescita vegetativa e una produzione negli anni sempre elevata e costante. Ma, per quanto è stato finora documentato, è evidente che fornire dati precisi sulle quantità di elementi minerali asportati dall'olivo è piuttosto difficile. Per ottenere rese elevate e costanti nel tempo, al calcolo di ciò che la pianta asporta per le formazioni vegetative e produttive annuali, va aggiunta anche la quota di fertilizzanti trattenuta dal terreno e quella allontanata dalle acque piovane. Al tempo stesso, benché

Tab. 11 - Rielaborazione da informazioni in letteratura delle asportazioni per pianta di olivo adulto*

<i>Riferimento bibliografico</i>	<i>N (g)</i>	<i>P₂O₅ (g)</i>	<i>K₂O (g)</i>
Morettini (dalla letteratura)	125 (1,78)	70 (1)	175 (2,50)
Pantanelli (Puglia)	276 (1,94)	142 (1)	488 (3,43)
Morettini (Toscana)	144 (1,87)	77 (1)	255 (3,31)
Baldini (dalla letteratura)	200 (2,17)	92 (1)	350 (3,80)
Bouat (Francia)	300 (5,00)	60 (1)	200 (3,33)
Oliveto sperimentale Centro Eda.	360 (4,00)	90 (1)	507 (5,63)
Siviglia (Spagna)			
Hutter (Tunisi)	345 (5,84)	59 (1)	431 (7,30)

* In parentesi i rapporti tra i macroelementi.

modesti, non vanno dimenticati gli apporti esterni in nitrati che il terreno riceve dalle piogge, dall'irrigazione e da eventuali residui organici su di esso abbandonati.

Per fornire un'idea delle complessità che esistono quando si vogliono definire le esigenze nutritive di un oliveto, in *tab. 11* sono riportate informazioni rielaborate dalla letteratura (Morettini, 1950; Baldini, 1971; Morettini, 1972; Loussert et al., 1980; Di Marco, 1981; Ferreira et al. 1984; Troncoso, 1998).

I dati forniti dagli studiosi indicano, chiaramente, sostanziali differenze nelle asportazioni per i diversi ambienti e per ciascuno dei tre macroelementi. Questa realtà è giustificata dal fatto che tali valori si riferiscono ad alcune osservazioni condotte in tempi molto lontani tra loro, e a dati determinati anche con metodologie di campionamento e analitiche molto diverse. Inoltre, i valori di asportazione, riportati in *tab. 11*, sono "orientativi" di realtà olivicole distinte tra loro per condizioni climatiche e pedologiche, per situazioni agronomiche e colturali (valori viziati anche per la consociazione di olivi con altri fruttiferi o con erbacee), per numero di alberi ad ettaro (Crouzet & Bouat, 1971), per livelli medi di produzione degli olivi, per fenomeni di alternanza di produzione e, in particolare, per tecniche colturali (potatura e irrigazione). Così i dati in tabella, che hanno valore solo indicativo, vanno letti nei rapporti tra i macronutrienti e confermano che l'olivo asporta annualmente quantità di azoto, potassio e calcio più elevate rispetto a quelle di fosforo e magnesio.

Bould (1964) sottolinea come le esigenze nutritive delle piante siano determinate dalla conoscenza di tre parametri:

- la capacità nutrizionale del suolo: tale analisi rivela la concentrazione degli elementi presenti nel terreno ma non consente di conoscere l'effettiva quantità di elementi disponibili per la pianta; in particolare dell'azoto nitrico, i cui valori possono variare nel tempo molto rapidamente;
- le relazioni terreno/pianta: spiegano la capacità di una pianta di estrarre da un dato terreno i differenti elementi minerali necessari alla sua nutrizione. La disponibilità degli elementi minerali è funzione anche delle diverse caratteristiche fisico-chimiche e microbiologiche del terreno;
- le concentrazioni ideali dei diversi elementi e i relativi rapporti: tali conoscenze sono indicative dei valori che assicurano un accrescimento ottimale alla pianta nelle varie fasi fenologiche.

Per stabilire le quantità di fertilizzanti da impiegare nella concimazione di produzione di un oliveto occorre conoscere: la produzione che l'impianto può annualmente fornire, il fabbisogno fisiologico specifico della coltura in relazione al ciclo vitale dell'impianto e al periodo annuale, la disponibilità nutritiva esistente nel terreno nelle forme assimilabili, il comportamento dei concimi una volta somministrati nel suolo e la loro efficienza.

La prima informazione (produzione ottenibile da un determinato oliveto) scaturisce da indagini dirette per più anni sullo stesso impianto. Il fabbisogno fisiologico della coltura, calcolato con le analisi dei tessuti delle diverse parti dell'olivo, deve tener conto che, nel corso della stagione, le quantità di fertilizzanti da impiegare devono rispondere alle diverse esigenze della pianta e che in caso di prevista forte produzione di olive (alternanza di produzione, per esempio) le asportazioni saranno superiori per potassio, azoto, e, in minor misura, calcio.

La disponibilità nutritiva si deduce dall'analisi del terreno e da quella fogliare. Occorre inoltre valutare, con particolare attenzione, l'efficienza dei fertilizzanti, vale a dire la frazione di nutriente che, una volta somministrato nel terreno, sarà assorbita dalla pianta e di conseguenza la complessa competizione che si instaura tra il sistema suolo (con la sua componente minerale, organica e microbiologica) e l'apparato radicale.

Altre valutazioni più generiche sono quelle che mettono in

Tab. 12 - Fabbisogni di elementi minerali (kg/ha) per la crescita delle varie parti della pianta nel secondo e sesto anno dopo l'impianto

Anno	N		P ₂ O ₅		K ₂ O		CaO		MgO	
	2°	6°	2°	6°	2°	6°	2°	6°	2°	6°
Strutture aeree	6,3	82,0	0,7	13,3	5,6	69,4	10,2	111,9	0,4	13,0
Ceppaia e radici	1,2	29,1	0,2	4,3	1,4	21,0	2,0	44,9	0,2	4,6
Materiale da potature	0,2	18,6	0,1	2,2	0,2	20,1	0,3	51,2	0,0	6,2
Olive	1,5	56,2	0,3	11,0	1,4	52,6	0,1	4,6	0,1	2,0
<i>Totale</i>	<i>9,2</i>	<i>185,9</i>	<i>1,3</i>	<i>30,7</i>	<i>8,6</i>	<i>163,1</i>	<i>12,7</i>	<i>212,6</i>	<i>0,7</i>	<i>25,7</i>

Dati elaborati da *Xiloyannis et al., 2002*.

evidenza le esigenze nutritive in rapporto al ciclo vitale dell'impianto e allo sviluppo vegetativo che gli alberi assumono in particolari aree colturali (nel Sud lo sviluppo delle piante è più elevato rispetto alle zone olivicole del Centro e del Nord).

Solo a titolo di esempio, in *tab. 12* si riportano le esigenze nutritive di un oliveto, al secondo e al sesto anno dall'impianto, così come sono state valutate da una sperimentazione condotta in Basilicata (*Xiloyannis et al., 2002*).

Infine, per concludere queste informazioni, occorre tenere presente che in numerose regioni italiane, normative locali o la semplice adesione dell'azienda a specifici programmi di produzione (biologica, integrata ecc.) fanno sì che il calcolo del fabbisogno di elementi nutritivi debba essere effettuato sulla base di specifici bilanci e seguendo metodologie dettate da specifici regolamenti.

Note

¹ Carenza: mancanza di una sostanza organica o minerale necessaria alla vita; tossicità: da *tossico*; nello specifico, effetto della presenza di una sostanza che ad alte concentrazioni è nociva per la pianta.

² È la proprietà dell'*humus* e dell'argilla di assumere, trattenere e scambiare anioni e cationi presenti nella soluzione circolante del terreno e di renderli disponibili alla radice.

- ³ Quantità di sostanze presenti nel terreno in forma tale da poter essere assimilate dalla pianta.
- ⁴ Degradazione fisica operata dalle acque correnti.
- ⁵ Proporzioni delle sostanze nutrienti presenti nel terreno che non soddisfano le esigenze nutritive della pianta.
- ⁶ Da organico, relativo a materiali sedimentari costituiti direttamente di tessuti e parti molli alterate di organismi.
- ⁷ Da torba, resti vegetali di piante palustri al primo stadio del processo di carbonizzazione, contenenti ancora alte proporzioni di acqua.
- ⁸ Da cemento: il minerale secondario, formato dopo la deposizione di un sedimento clastico per precipitazione dalle soluzioni circolanti entro i suoi vuoti, che lega insieme i granuli e la matrice.
- ⁹ Quantità di sodio presente nel terreno in forma chimica tale da poter essere assorbito.
- ¹⁰ Si tratta di silicato idrato di alluminio, amorfo, il cui nome significa all'incirca "apparire diverso" per il cambio di aspetto che subisce se riscaldato. Si rinviene soprattutto nei giacimenti metalliferi quale prodotto di alterazione.
- ¹¹ Fanno parte dei minerali argillosi. Nei minerali argillosi strati tetraedici di silicio si alternano a strati diottaedrici di alluminio ($Al_2(OH)_6$; Gibbsite) e strati triottaedrici di magnesio ($Mg_3(OH)_6$; Brucite). Nei fillosilicati si ha il rapporto Si/O di 1:2,5.
- ¹² Fillosilicati che hanno rapporto Si/O di 2:1.
- ¹³ Fillosilicati che hanno rapporto Si/O di 1:1.
- ¹⁴ Porzione laminare della foglia, percorsa in tutta la sua estensione da fasci vascolari (nervature).
- ¹⁵ Sommatoria dei valori percentuali sul contenuto nelle foglie di tre macronutrienti (N, P, K).
- ¹⁶ Tecnica che permette di allevare una pianta in soluzione nutritiva completa per definire la funzione degli elementi minerali durante il ciclo vitale.

Bibliografia

- BANDINO G., DETTORI S. (2001) – *Manuale di olivicoltura*. Edizione Regione Autonoma della Sardegna.
- BALDINI E. (1971) – *Arboricoltura*. Ed. Cooperativa Libreria Universitaria, Bologna, pp. 193-202.
- BEAUFILS E.R., SUMNER M.E. (1976) – Proc. South Afr. Sugar Technol. Ass., 50:118-124.
- BEAUFILS E.R., SUMNER M.E. (1977) – Proc. South Afr. Sugar Technol. Ass., 51: 62-67.
- BEVERLY R.B., STARK J.C., OJALA J.C., EMBLETON T.W. (1984) – J. Amer. Hort. Sci., 109(5): 649-654.

- BOUAT A., RENAUD P., DULAC J. (1951) – (*Première mémoire*). Ann. Agronomiques, 2: 828-848.
- BOUAT A., RENAUD P., DULAC J. (1953) – C. R. Acad. Agric. Fr., 39: 722-726.
- BOUAT A., RENAUD P., DULAC J. (1954) – *III mémoire*. Ann. Agronomiques, 5: 459-489.
- BOUAT A., DULAC J. (1958) – I Conf. Int. Tec. Oleic., Tanger.
- BOUAT A. (1964) – I Coll. Eur. Nutr. Min., Montpellier.
- CHAVEZ M. (1971) – III C.I.T.O., Torremolinos.
- CHAVES M., TRONCOSO A., MAZUELOS C., PRIETO J., LINAN J. (1976) – IV Coll. Inter. Gent., 2: 175-186.
- CIMATO A., MARRANCI M., MARZI L., SANI G. (1993) – Atti del convegno “Tecniche, Norme e Qualità in Olivicoltura”, Potenza 15-17 dicembre: 137-148.
- CRESCIMANNO F.G., SOTTILE L., AVERNA V., BAZAN E. (1975) – Riv. Ortoflorofrutt. It., 59, 1: 47-71.
- CROUZET C., BOUAT A. (1971) – III C.I.T.O., Torremolinos.
- DELGADO A., BENLLOCH M., FERNÁNDEZ-ESCOBAR R. (1994) – HortScience, 29 (6): 616-618.
- DEIDDA P. (1968) – Studi sassaresi, 16: 289-313.
- DI MARCO L. (1981) – Frutticoltura Anni 80, REDA: 80-93.
- FAILLA O., SCIENZA A., STRINGARI G., PORRO D., TARDUCCI S., BAZZANTI N., TOMA M. (1997) – L'Informatore Agrario, 39: 63-71.
- FERNÁNDEZ ESCOBAR R. (1997) – *El cultivo del olivo*. Junta de Andalucía, Ediciones Mundi-Prensa, Madrid: 231-249.
- FERREIRA LLAMAS J., GARCIA ORTIS A., FERNANDEZ A., FRIAS L. (1975) – II Sem. Oleic. Int., Córdoba.
- FERREIRA LLAMAS J., GARCIA ORTIS A., FRIAS L., FERNANDEZ A. (1984) – X Ann. Red. Coop., Córdoba, 23.
- FIORINO P., ALBERTI S., TRONCOSO A. (1984) – X Red. Coop. Eur. Olive, Córdoba, nov.
- FRANCA E. (2000) – *Concimare l'olivo*, Olivo & Olio, 12: 42-45.
- GARCIA C., MENENDEZ SANJURJO E., GONZALES A. (1975) – II Sem. Oleic. Int., Córdoba.
- GAVALAS N.A. (1975) – Ann. Ist. Phytopat., Benaki, 11: 132-140.
- GONZALES GARCIA F., GOMEZ A.M.G., SANCHEZ M.C., MARZUELOS C.M. (1967) – An. Edaf. y Agrob., 26, 1-4: 733-762.
- GONZALES GARCIA F., CHAVEZ M., MAZUELO C., TRONCOSO A., CATALINA A., SARMIENTO R. (1972) – III Coll. Eur. Med. Contr. Nutr., Budapest.
- GONZALES GARCIA F., CHAVEZ M., MAZUELOS C., TRONCOSO A. (1973) – An. Edaf. y Agrob., 32: 615-634.
- HARTMANN H.T. (1950) – California Agriculturae, 4, 2.
- HARTMANN H.T. (1958) – Proc. Am. Soc. Hort. Soc. Hort. Sci., 72: 257-266.
- LI X.J., WANG J.X. (1983) – J. Forest Sci. Tech., 5: 16-18.
- LOUSSERT R., BROUSSE G. (1980) – *El olivo*. Ed. Mundi-Prensa. Madrid: 302-312.
- MAZZALI E. (1992) – L'Informatore Agrario, suppl. 1: 29-36.
- MAUME L., RENAUD P., BOUAT A. (1956) – II Conf. Int. Tec. Oleic., Marseille.
- MAZUELOS C., PRIETO J., LINAN J., ESTEBAN E. (1979) – An. Edaf. y Agrob., 38: 1088-1097.
- MILJKICOVIC I. (1979) – Zbornik o Maslin, Dubrovnik: 11-27.

- MINISTERO DELLE RISORSE AGRICOLE, ALIMENTARI E FORESTALI (1994) – *Osservatorio Nazionale Pedologico per la Qualità del Suolo. Metodi ufficiali di analisi chimica del suolo con commenti e interpretazioni*, ISMEA, Roma.
- MINISTERO PER LE POLITICHE AGRICOLE E FORESTALI (1999) – *Metodi ufficiali di analisi chimica del suolo*. DM del 13 settembre 1999, Gazzetta Ufficiale n. 185 del 21 ottobre 1999.
- MORETTINI A. (1972) – *Olivicoltura*. REDA, Roma.
- NORO K. (1956) – Bull. Kagawa Agric., 7: 253-260.
- ORTEGA NIETO J.M. (1957) – An. Inst. Nac. Inv. Agr., Madrid.
- ORTEGA NIETO J.M., FERRIERA LLAMAS J., GARCIA DELGADO F. (1964) – An. Inst. Nac. Inv. Agr., Madrid, 4: 3-11.
- PANETSOS C. (1961) – Proc. Amer. Soc. Hort. Sci., 78: 209-217.
- PERRETTI M. (1992) – L'Informatore Agrario, 1: 41-46.
- POLI M. (1986) – *Olivae*, 12: 7-27.
- PREVOT P., BUCHMANN B. (1960) – *Fertilité*, 10: 3-11.
- RECALDE L., ESTEBAN E. (1964) – I Coll. Europ. Nut. Min., Montpellier.
- REGIONE CAMPANIA (2000) – *Guida alla concimazione. Metodi, procedure, strumenti per un servizio di consulenze*.
- RYSER J.P. (1982) – Revue Suisse Vitic. Arboric. Hortic., 14: 49-54.
- SCHAFFER B., LARSON KIRK D. (1988) – HortScience, 23 (3): 617-619.
- SCHOLL W. (1979) – Mitt. Klosterneuburg, 29: 186-193.
- SPINA P. (1960) – *Olearia*, 14, 1-2: 14-19.
- TATTINI M. (1991a) – *Plant Nutrition, Physiology and Applications*: 515-518.
- TATTINI M., MARIOTTI P., FIORINO P. (1986) – Riv. Ortoflorofrutt. It., 70 (5): 439-445.
- THERIOS I.N., SAKELLARIADIS S.D. (1982) – *Scientia Horticulturae*, 17: 33-41.
- THERIOS I.N. (1984) – Riv. Ortoflorofrutt. It., 68 (3): 255-263.
- TRONCOSO A., CERDA A., BARTOLINI G. (1984) – X Red. Coop. Eur. Olive, Córdoba, nov.
- TRONCOSO A. (1998) – In: *International Course on Olive Growing*. COI, CNR, ARSIA, Regione Toscana: 185-196.
- XILOYANNIS C., CELANO G., PALESE A.M., DICHIO B., NUZZO V. (2002) – *Acta Horticulturae*, 586: 453-456.
- ZANCO M., PINTOR R., VARANINI Z., OLIVIERI A.M., MAGGIONI A. (1988) – *Agricoltura Mediterranea*, 118: 119-132.
- JORDAO P.V., DUARTE L., CALOURO F., SILVA A. (1990) – *Acta Horticulturae*, 286: 267-270.

III. Fertilizzare l'oliveto



Il terzo capitolo è prodotto con informazioni che intendono chiarire come pianificare la fertilizzazione minerale e organica dell'oliveto, quali sono le tecniche più efficienti di somministrazione dei nutrienti al suolo o, direttamente, alla pianta per via fogliare e infine, quali sono le modalità e le epoche di concimazione, a seconda che si tratti di intervento che anticipa la realizzazione dell'impianto, oppure che supporti gli olivi nel primo periodo di crescita, o ancora, durante tutto il ciclo produttivo.

Nel capitolo è compreso anche un paragrafo che chiarisce il ruolo dei numerosi concimi disponibili sul mercato, aggiorna le leggi che ne disciplinano il commercio e riporta i risultati che la ricerca ha messo a disposizione circa l'impiego dei reflui dei frantoi. Si tratta di mezzi e conoscenze che mirano a ottimizzare le risorse naturali e che si concretizzano nell'ottenimento della massima espressione della fertilità del terreno che accoglie l'oliveto.

1. La fertilità del terreno

Con l'avvento di un'agricoltura di tipo intensivo e l'affermazione dei concimi minerali, il terreno è stato per lungo tempo considerato come un substrato la cui funzione principale era quella di fornire supporto allo sviluppo della coltura agraria e, nel contempo, quella di rappresentare una riserva di elementi nutritivi che veniva, di volta in volta, ricostituita attraverso la

concimazione minerale, per permettere il successivo ciclo colturale e l'ottenimento di elevate produzioni. Si era così imposta la convinzione che il terreno fosse un'entità statica caratterizzata da uno status immutabile, acquisito attraverso processi di alterazione e trasformazione dei materiali originari, ma che aveva ormai raggiunto uno stato di equilibrio invariabile attraverso le reintegrazioni minerali.

Appare chiaro come questa concezione abbia portato a seri danni ambientali e a una continua riduzione della fertilità naturale dei terreni agrari, proprio perché il suolo è un'entità viva in costante e continua evoluzione che reagisce alle alterazioni provocate dall'azione dell'uomo, in continua ricerca di uno stato di equilibrio, non statico, ma dinamico.

Si può definire la fertilità come l'attitudine naturale di un terreno a fornire determinati risultati produttivi relativamente a una data coltura, tuttavia considerarla solo come risorsa naturale è alquanto riduttivo. La fertilità naturale di un terreno non è una proprietà semplice da valutare e perfettamente individuabile attraverso un'analisi del terreno, ma è il risultato dell'integrazione di numerosi fattori.

Anche se di difficile interpretazione, a causa della notevole complessità dell'ecosistema, la componente pedologica e la struttura del terreno sono direttamente collegati al contenuto di *humus* nel terreno e quindi alla fertilità. È l'*humus* che garantisce la presenza degli elementi minerali nel terreno e la loro disponibilità per le piante: trattiene i nutrienti fino a concentrazioni elevate, e in forma disponibile per le radici, evitando dilavamento (N), precipitazione (P), o inattivazione (Fe) e crea l'ambiente in cui le radici interagiscono con i saprofiti che vivono sulla materia organica. Aumenta la ritenzione idrica del terreno, proteggendolo dal dilavamento e dall'erosione, e crea una riserva di acqua disponibile per le piante. Suoli definiti particolarmente adatti ad elevate produzioni, e quindi ricchi di *humus*, hanno profondità quasi sempre superiore al metro e dispongono di acqua nel periodo estivo. Suoli con 4% di *humus* (oggi praticamente scomparsi) hanno la capacità di trattenere fino a 1200-1500 m³ di acqua, quanto generalmente si somministra con 4-5 irrigazioni. Al contrario, i terreni con basso tenore di *humus* sono sempre sottili e con elevato contenuto di scheletro.

Purtroppo, oggi si assiste a una progressiva diminuzione della fertilità come diretta conseguenza del sempre minor con-

tenuto di *humus* dei terreni agrari che un tempo si aggirava intorno al 4% mentre attualmente si è ridotto all'1%. La riduzione della percentuale di *humus*, a sua volta, causa una diminuzione del numero e delle attività delle cenosi saprofitiche, umificanti e simbiotiche la cui esistenza è possibile solo su substrati organici misti.

La salvaguardia del ciclo umificativo assume così, una notevole importanza anche in considerazione del fatto che i concimi minerali risultano attivi finché esiste un *humus* residuale nel suolo, ma diventano inefficaci quando il suolo si trasforma in una matrice progressivamente più minerale.

Talvolta l'esame della quantità e del tipo di vegetazione spontanea può fornire un'utile indicazione sullo stato di fertilità di un suolo: in generale i terreni che si inerbiscono facilmente, coprendosi di abbondante cotico erboso¹, manifestano maggiore fertilità naturale rispetto ad altri, dove l'inerbimento spontaneo è meno abbondante. In particolare, specie indicatrici di terreni fertili sono la malva, il sambuco, l'ortica, il papavero selvatico, il chenopodio.

1.1. Fattori della fertilità

Per quanto sia difficile definire il massimo di produzione raggiungibile da una pianta in una realtà olivicola si può, in ogni modo, cercare di analizzare quali siano i "fattori della fertilità" che, annualmente, l'aiutano o la condizionano nel completare il complesso metabolismo che controlla l'equilibrio tra sviluppo vegetativo e produzione.

Fattori chimici: sono legati soprattutto ai processi che avvengono nel terreno per la mobilitazione degli elementi nutritivi rendendoli disponibili alla pianta per la sua produzione e alle attività microbiologiche del suolo.

Fattori genetici: sono strettamente connessi alla cultivar. L'elevata produttività della pianta, le caratteristiche qualitative del prodotto, la tolleranza a specifiche patologie sono, infatti, sotto il controllo genetico e, come tale, la risposta di cultivar di olivo diverse a condizioni di fertilità simili è differente (*Cimato et al., 1993, 1997, 2001*). Quelle riconosciute come più esigenti presentano un campo di adattabilità più ristretto e mostrano un'interazione (varietà-fertilità) più evidente rispetto alle altre.

Fattori biotici: indicano la relazione della fertilità con la presenza nel suolo della microflora. Nella rizosfera (zona di contatto fra le radici e il suolo) sono presenti popolazioni microbiche che instaurano con le radici della pianta molteplici tipi di interazioni simbiotiche. Alcuni componenti della microflora, come i funghi micorrizici, sia VAM (*Vesicular arbuscular mycorrhizae*) che ECM (*Ectomycorrhizae*), permettono alla pianta un più efficace assorbimento di nutrienti dal suolo, soprattutto in caso di carenza trofica; altri, come i batteri azotofissatori (rizobi) cedono ai tessuti vegetali parte dell'azoto atmosferico fissato in composti organici. Alcune popolazioni microbiche presenti nella rizosfera sono in grado di produrre antibiotici che ostacolano la colonizzazione radicale a opera di parassiti, impedendo un danno strutturale e funzionale delle radici. I vantaggi di queste interazioni mutualistiche per la pianta possono essere annullati da eccessive somministrazioni di concimi minerali o di pesticidi. Nel primo caso, elevate concentrazioni di ioni idrosolubili possono sviluppare condizioni di stress osmotico tanto a carico delle cellule vegetali, che delle popolazioni microbiche. Nel secondo caso, i pesticidi irrorati possono pervenire al suolo alterando il flusso di carbonio verso le radici e/o provocando un effetto tossico sugli stessi organismi della rizosfera.

Fattori ambientali: comprendono l'insieme delle condizioni esterne che concorrono alla fertilità del suolo intervenendo nei processi pedogenetici di formazione e di trasformazione del terreno agrario e, come tali, sono in grado di condizionare direttamente lo sviluppo e la produttività della pianta. Temperatura, energia radiante, piogge e composizione dell'aria atmosferica sono tutti fattori che interagiscono sullo sviluppo della radice, sull'attività della microflora e degli enzimi, sul pH del terreno, sulla componente pedologica, giocando un ruolo importante sulla fertilità del suolo.

Dall'esame di tutti questi fattori è chiaro che la fertilità di un terreno è il prodotto dell'interazione di numerose variabili e che il suo mantenimento rappresenta l'obiettivo di un qualsiasi piano colturale perché solo la conservazione di tutte le attività vitali del terreno garantisce una sua risposta al variare degli altri fattori che agiscono sulla fertilità.

Di seguito, dopo una breve introduzione sul ruolo degli ele-

Pianta di olivo
Frantoio
in produzione



menti minerali (macro e micro elementi) e della sostanza organica nel metabolismo della pianta, saranno fornite indicazioni su come pianificare la fertilizzazione dell'oliveto, sui concimi da impiegare (azotati, fosfatici, potassici, complessi e organo-minerali), sulla tecnica (fertilizzazione al suolo e alla pianta), sulle modalità e sulle epoche di somministrazione dei fertilizzanti.

1.2. Elementi minerali (macro e micro elementi)

L'olivo, benché descritta come pianta rustica, richiede la disponibilità nel terreno di elementi essenziali per completare tutte le attività metaboliche responsabili della crescita e del ciclo produttivo.

La fertilizzazione deve quindi far coincidere l'offerta dei nutrienti con la domanda da parte della pianta di macro e micro elementi quali: azoto, potassio, fosforo, calcio, magnesio, ferro e boro. All'interno della pianta, ciascuno di questi elementi svol-

ge una ben precisa funzione che non è mai indipendente ma, al contrario, è sempre collegata, in modo sinergico o antagonistico, a quella svolta dagli altri nutrienti.

Azoto. È il nutriente inorganico a cui l'olivo risponde con maggiore rapidità ed è il più importante perché migliora l'attività vegetativa e riproduttiva della pianta limitando fenomeni indesiderati di alternanza di produzione (Klein et al., 1974). Stimola l'accrescimento sostenendo la produzione di nuovi germogli; controlla con il fosforo la dominanza apicale; facilita i processi di allegazione dei fiori e di sviluppo dei frutti; è componente della clorofilla e ne aumenta la quantità nelle foglie favorendo così l'assimilazione degli altri elementi. L'olivo reagisce piuttosto velocemente alla somministrazione di azoto, ma la sua azione è strettamente connessa alle disponibilità idriche del suolo (Ortega Nieto, 1964). Nelle piante arboree l'azoto è caratterizzato da una notevole mobilità all'interno della pianta (Marangoni et al., 1991). In primavera, la ripresa vegetativa avviene però, quasi interamente, a spese delle sostanze azotate di riserva accumulate nell'autunno precedente negli organi legnosi (radici, branche e rami). Il ricorso all'utilizzo delle sostanze di riserva è reso necessario dal fatto che, in questo periodo della stagione, l'assorbimento radicale è ancora molto limitato e la sintesi degli assimilati da parte della superficie fogliare non è ancora ripresa a pieno ritmo. La precoce traslocazione di azoto verso le gemme è fondamentale per favorire la schiusura e per assistere alla prima fase di formazione della nuova vegetazione. La carenza di azoto limita la crescita, soprattutto delle foglie e dei frutti e, allo stesso tempo, si associa a un ridotto trasferimento delle sostanze nutritive verso questi organi e a un aumento del trasporto verso le radici. Di contro, gli eccessi allungano il ciclo vegetativo stagionale, rendono i tessuti più "succulenti" aumentando, in misura notevole, la suscettibilità dell'olivo ai danni da freddo e a specifici attacchi parassitari. Livelli elevati di azoto nella pianta riducono, inoltre, la consistenza della polpa della drupa e ritardano la maturazione (Cimato et al., 2001).

Potassio. È l'elemento della produttività e della maturazione dei frutti. Presente nei centri di più intensa attività biologica, il potassio è basilare nei fenomeni connessi al metabolismo idrico della pianta, accentuandone la resistenza alla siccità e alle

malattie fungine. Il potassio favorisce la sintesi degli zuccheri, il loro accumulo sotto forma di amido e la formazione dei grassi (lipogenesi), aumentando la resa in olio delle olive. Nel corso della maturazione, tale nutriente neutralizza gli acidi uronici formati dalla degradazione delle protopectine² (*Sanchez Raya et al., 1975*) e controlla le attività enzimatiche che regolano la sintesi degli amminoacidi e degli acidi fenolici (*Gonzales et al., 1976*). Nell'olivo il potassio è l'elemento che mostra la maggiore mobilità, tant'è che difficilmente, nella pianta, durante il ciclo stagionale è presente a livelli costanti. Circa il 60% del potassio totale si riunisce nei frutti per cui, al momento della raccolta, la pianta subisce una grave perdita che non sempre è in grado, in breve tempo, di compensare. Tale difficoltà è dovuta alla scarsa mobilità del potassio nel terreno e alla stessa difficile disponibilità di questo elemento in determinati periodi dell'anno. Un limitato contenuto di potassio nelle foglie, se legato a bassi valori di fenoli, riduce il processo di fioritura (*Gonzales Garcia, 1983*). Sintomi da carenza di potassio si manifestano nelle foglie più vecchie con necrosi apicali più o meno marcate, con una colorazione verde meno intensa e, nei casi più gravi, con una precoce filloptosi³ e un ridotto sviluppo dei frutti. Il livello di potassio nelle foglie, in genere, è inversamente proporzionale a quello di calcio e magnesio: ad alte percentuali di calcio e magnesio sono associate, infatti, basse percentuali di questo elemento nelle foglie. Viceversa, un'eccessiva disponibilità di potassio nel suolo si traduce, normalmente, in una maggiore difficoltà nell'assorbimento del magnesio.

Fosforo. È un componente essenziale di enzimi e proteine e svolge un ruolo di primaria importanza nel processo di divisione cellulare e nello sviluppo dei tessuti meristemati. Riguardo all'influenza del fosforo sulla produttività della pianta la letteratura, ancora insufficiente, indica che il fosforo favorisce i fenomeni legati alla fioritura, all'allegagione e ai processi metabolici che accelerano la maturazione dei frutti. Il consumo di fosforo da parte delle piante di olivo non è eccessivo e, nel corso dell'anno, il suo livello nelle foglie non subisce sensibili variazioni. Generalmente è raro che si verifichino carenze di fosforo nel suolo; tuttavia questo elemento è bloccato da calcio, ferro o alluminio che lo rendono indisponibile. Qualora si verifichi questa situazione, i sintomi da deficienza di fosforo appaiono evidenti

per la notevole riduzione delle dimensioni fogliari e per l'intenso color verde purpureo (Recalde & Chaves, 1975). Eccessi di fosforo, invece, si ripercuotono negativamente sul suolo e sull'assorbimento di altri elementi nutritivi, quali ferro e zinco.

Calcio. La sua funzione principale è collegata alla resistenza meccanica dei tessuti. Nella pianta il ruolo svolto dal calcio è strettamente legato alla presenza del potassio tanto che, secondo Gonzales (L.c.), i rapporti ottimali Ca/K per le cultivar esaminate oscillano tra 1,64 e 2,03. Nel caso si verifichi un rapporto Ca/Mg anomalo (intorno a valori di 0,91-1,0) nell'olivo si instaura una particolare tossicità da magnesio, fenomeno che non si verifica se il rapporto si aggira intorno a 2. Tra le specie arboree da frutto, l'olivo è la pianta più sensibile alle carenze di calcio; tuttavia per i terreni italiani che sono prevalentemente calcarei, il calcio è presente in quantità sufficienti, se non elevate.

Magnesio. Assorbito dalle piante in quantità relativamente elevata, a volte anche pari se non superiore al fosforo, il magnesio fa parte dei costituenti la clorofilla, interviene nei processi di sintesi dell'RNA ed è un attivatore di molti enzimi. Stati di carenza di magnesio sono evidenti nell'olivo quando si verifica una drastica riduzione dell'attività vegetativa con conseguente comparsa di foglie clorotiche che, nel tempo, si distaccano dal ramo. Occorre comunque precisare che i casi di accertata carenza di magnesio in pieno campo per l'olivo sono piuttosto rari.

Boro. Elemento importante per l'olivo, esso interviene nel metabolismo dei carboidrati, attiva sistemi enzimatici e funzioni ormonali, favorisce la sintesi dei flavonoidi, delle basi pirimidiniche (DNA e RNA) e il trasporto degli zuccheri attraverso il floema. In situazioni di boro carenza, tra maggio e giugno, la pianta manifesta una vistosa diminuzione della fioritura e dell'allegagione a cui segue una intensa cascola estiva dei frutticini (Delgado et al., 1994) determinando così una scarsa produzione. In casi limite, la boro carenza si manifesta con eccessivo sviluppo di succhioni sui rami e con una crescita breve (a rosetta) dei nuovi germogli. Nel periodo estivo, la clorosi apicale, caratteristica della carenza di boro, si manifesta dapprima con ingiallimenti apicali e poi con imbrunimenti e caduta delle foglie. In questi casi le foglie hanno percentuali di calcio notevolmente

inferiori al normale dimostrando, così, lo stretto rapporto nel metabolismo di questi due nutrienti. Inoltre, in estate, la carenza di boro determina sulle drupe un disseccamento del mesocarpo nella zona apicale (Ciferri *et al.*, 1956).

Ferro. Il ferro contribuisce al corretto svolgimento della fotosintesi, incidendo sulla formazione della superficie fotosintetizzante e quindi sul ciclo di fruttificazione. Nei terreni alcalino-calcarei può manifestarsi una fisiopatia nutrizionale (clorosi ferrica) dovuta al mancato assorbimento del ferro nella sua forma ridotta (Fe^{2+}), facilmente assimilabile dalle piante. In Italia, l'olivo raramente è affetto da tale fisiopatia, che, invece, affligge la frutticoltura e può presentarsi negli oliveti spagnoli (Cordeiro, 1995) compromettendo gravemente il buon esito produttivo.

1.3. La sostanza organica

La sostanza organica presente nel terreno agrario si distingue in quattro classi: l'"edaphon", ossia la frazione rappresentata dagli organismi viventi; la sostanza organica "non umificata", quella "parzialmente umificata" e infine, la sostanza organica umificata definita anche "*humus stabile*". Ciascuna di queste classi ha un comportamento e un significato pedologico differente che, per l'agricoltore, si concretizza anche in funzioni agronomicamente diverse.

In condizioni di adeguata aerazione, la materia organica presente nel terreno va incontro a trasformazioni diverse con processi che, legati all'attività di animali terricoli e della microflora fungina e batterica, portano alla sua mineralizzazione. La funzione nutrizionale della sostanza organica, consiste nel fornire sia composti organici, sia elementi nutritivi inorganici (N, K, P, Ca, Mg ecc.) immessi direttamente nel terreno a disposizione della pianta.

Fra gli elementi nutritivi derivanti dai processi di mineralizzazione della sostanza organica, assume particolare importanza l'azoto, per il quale il rilascio nel terreno avviene in modo graduale risultando meno soggetto a perdite per dilavamento e rimanendo a disposizione della coltura per un intervallo di tempo più lungo.

La partecipazione della sostanza organica all'assorbimento dei nutrienti avviene anche attraverso la sua trasformazione in composti finali (acidi umici, fulvici)⁴ e intermedi quali aminoac-

cidi, nucleotidi, vitamine, antibiotici e auxine.

La sostanza organica gioca un ruolo importante anche sulle caratteristiche fisiche del terreno agrario perché ne asseconda la formazione della struttura. Favorisce, infatti, la presenza di aggregati stabili, con relativo aumento della permeabilità nei terreni argillosi e della capacità idrica di trattenuta in quelli sabbiosi; riduce la coesione e la tenacità nei terreni ricchi di materiale argilloide e, indirettamente, consente l'accrescimento radicale (*Sequi, 1986*).

Nei terreni sabbiosi, anche un basso contenuto di sostanza organica è spesso in grado di accrescere la stabilità strutturale; in quelli limosi, aumenta la stabilità di aggregazione fra le particelle evitando, così, il formarsi di croste superficiali. Infine, nei terreni argillosi, un adeguato tenore di sostanza organica riduce la plasticità e, parzialmente, gli inconvenienti che si possono verificare sulla struttura in caso di eccessiva o di limitata umidità nel terreno.

2. Pianificazione della fertilizzazione

Con la concimazione sono apportati al terreno gli elementi minerali indispensabili per uno sviluppo equilibrato e per una buona produttività delle piante.

Solo una corretta impostazione del piano di fertilizzazione, che faccia riferimento al maggior numero possibile di parametri e fattori concomitanti, può permettere il raggiungimento degli obiettivi desiderati e, al tempo stesso, la realizzazione della massima efficienza economica e agronomica dai nutrienti somministrati. Il fine ultimo della fertilizzazione è quello di ottenere un'elevata qualità globale, vale a dire una produzione che tenga conto degli aspetti ambientali e delle caratteristiche chimiche e organolettiche dell'olio, in grado di garantire un ragionevole profitto economico dall'impianto. Risolvere questo problema non è facile, sia per le incomplete conoscenze di base sulla nutrizione degli olivi, sia per la complessità del sistema colturale in cui tutti i fattori della produzione hanno forti azioni interagenti fra di loro.

Ogni pianificazione della fertilizzazione deve essere esaminata singolarmente, prendendo in considerazione tutta una serie di fattori: caratteristiche del terreno, clima, stato nutrizionale ed età della pianta, cultivar, epoca di concimazione, pratiche agronomi-



Rami di olivo Frantoio con abbondante mignolatura e con frutti appena formati

che ecc. Successivamente, si dovrà iniziare a valutare il programma di fertilizzazione più idoneo tenendo presente che, oltre al quantitativo totale dei singoli elementi, andrà valutato anche il rapporto sinergico e/o antagonistico che si stabilisce fra questi. Occorrerà, tuttavia, valutare attentamente anche quanto della fertilizzazione sarà utilizzata e, successivamente, quanto andrà persa per la formazione di rami, foglie e frutti che annualmente si asportano con la potatura e con la raccolta.

A tale proposito, un recente lavoro condotto in Basilicata (Palese *et al.*, 1997), ha segnalato, in giovani piante autoradicate di "Coratina", le concentrazioni di azoto, potassio, fosforo, calcio e magnesio che la pianta presenta nei diversi organi (tab. 1).

Una sperimentazione condotta in provincia di Firenze ha evidenziato che un olivo adulto in produzione asporta ogni anno circa 144 g di azoto, 77 g di anidride fosforica (P_2O_5), 255 g di ossido di potassio (K_2O), 172 g di ossido di calcio (CaO) (Bargioni, 1992). Sono valori medi del tutto orientativi ma in grado di fornire utili informazioni riguardo alle perdite di nutrienti che, annualmente, occorre reintegrare con la fertilizzazione. Il piano di concimazione dovrà essere diverso a seconda della densità di impianto e della disponibilità di acqua (Ferreira *et al.*, 1984).

Tab. 1 - Media quadriennale dei valori di N, P, K, Ca e Mg nei diversi organi di piante Coratina autoradicate

Elementi	Frutti (% s.s.)	Foglie (% s.s.)	Germogli e rami (% s.s.)	Branche, tronco e ceppo (% s.s.)	Radici (% s.s.)
N	1,53 ± 0,00	1,67 ± 0,14	0,71 ± 0,07	0,38 ± 0,05	0,70 ± 0,08
P	0,14 ± 0,00	0,18 ± 0,04	0,10 ± 0,02	0,05 ± 0,01	0,09 ± 0,01
K	1,19 ± 0,02	1,23 ± 0,14	1,05 ± 0,23	0,50 ± 0,14	0,83 ± 0,17
Ca	0,09 ± 0,00	2,25 ± 0,48	0,82 ± 0,27	0,55 ± 0,24	0,64 ± 0,19
Mg	0,03 ± 0,00	0,23 ± 0,03	0,13 ± 0,03	0,05 ± 0,02	0,17 ± 0,04

Fonte: *Palese et al., 1997.*

In coltura asciutta, infatti, l'aridità del terreno è uno dei fattori limitanti e l'andamento della produzione è legato più alle precipitazioni che agli apporti nutritivi. In coltura irrigua, viceversa, i nutrienti azotati sono utilizzati meglio e la risposta produttiva delle piante è sempre elevata.

La fertilizzazione all'oliveto può avvenire: come somministrazione al terreno di elementi nutritivi (*concimazione ipogea*), permettendo la creazione e il mantenimento di una riserva di fertilizzanti negli strati del terreno facilmente raggiungibile dalle radici che, man mano, si sviluppano e si estendono; oppure, direttamente alla pianta, per via *fogliare*. In quest'ultimo caso, la scelta intende utilizzare le capacità dell'olivo di assorbire, in tempi brevi, macro e micro elementi che, in soluzione acquosa, raggiungono le foglie.

Per non correre il rischio di effettuare interventi poco razionali, dispendiosi in termini economici e rischiosi per l'ambiente, è bene, prima di impostare un piano di fertilizzazione per l'oliveto, rispondere ad alcuni quesiti fondamentali:

- quali sono i prodotti e le sostanze da somministrare alle piante;
- quali sono le epoche migliori per la fertilizzazione;
- quali sono le quantità di concime da somministrare;
- infine, quale è la tecnica più conveniente per eseguire la fertilizzazione.

Prima di entrare nel merito della tecnica di fertilizzazione, di seguito sarà affrontata la problematica della scelta dei concimi (inorganici e organici) nonché del loro comportamento nel suolo.

2.1. I concimi

La scelta del fertilizzante da usare per l'olivo è agevolata dal fatto che sul mercato sono disponibili una vasta gamma di prodotti (tab. 2) di facile utilizzo e con caratteristiche tali da soddisfare le più diverse esigenze. A seconda della loro natura i concimi, che si trovano in commercio, possono essere distinti in: *organici, minerali e organo-minerali*.

Ciascun fertilizzante può contenere uno o più elementi principali della fertilità (N, P, K) o anche elementi secondari (Ca, Mg, S) e/o microelementi (B, Mn, Zn, Cu, Mo, Co, Fe). Al momento della scelta, è importante controllare le indicazioni e dichiarazioni riportate sulle confezioni.

- la *dicitura* “Concime CE”, indica che si tratta di concime disciplinato da disposizioni comunitarie; altrimenti, se si tratta di concimi nazionali, sulla confezione è riportato “Concime minerale semplice”, “Concime minerale composto” ecc.
- la *denominazione* del tipo di concime (nitrato ammonico, urea,

Tab. 2 - Caratteristiche di solubilità e mobilità per alcuni fertilizzanti usati in olivicoltura

Fertilizzante	Solubilità in acqua (g/l)	Altre caratteristiche
Nitrato ammonico	1180	Mobile e dilavabile
Nitrato calcico	2000	Applicarlo superficialmente e in più dosi
Nitrato potassico	130	
Nitrato sodico	700	
Solfato ammonico	700	
Solfato di rame	200	
Solfato di ferro	250	Applicarlo solo in caso di mancanza
Solfato di magnesio	700	
Solfato di manganese	750	
Solfato di zinco	750	
Solfato potassico	67	Poca mobilità. Applicarlo localizzato
Fosfato biammonico		Forte potere di fissazione e poca mobilità
Fosfato bicalcico	Insolubile	Applicarlo una volta localizzato e in profondità
Fosfato monoammonico	500	
Fosfato monocalcico	Insolubile	
Urea	1000	Non è dilavata ma nitrifica rapidamente

Fonte: Troncoso, 1998.

Concime minerale composto NPK con 2 MgO, 0,01 Mn e 0,005 Mo " a basso tenore di cloro" - Idrosolubile		
Composizione	Azoto (N) totale	15%
di cui:	Azoto (N) nitrico	8,4%
	Azoto (N) ammoniacale	3,6%
	Azoto (N) ureico	3%
	Anidride fosforica (P ₂ O ₅) solubile in citrato ammonico neutro e acqua	5%
di cui:	Anidride fosforica (P ₂ O ₅) solubile in acqua	5%
	Ossido di potassio (K ₂ O) solubile in acqua	30%
	Ossido di magnesio (MgO) solubile in acqua	2%
	Manganese (Mn) chelato solubile in acqua	0,01%
	Molibdeno (Mo) solubile in acqua	0,005%
Formulazione	Granuli microcristallini	
Confezione	10 kg	

a)

5.5.12 + 2,5 MgO + 24 SO ₃ + 6 Fe + 7,7 C Concime organo-minerale NPK con magnesio, zolfo e ferro		
Composizione	Azoto (N) totale	5%
di cui:	Azoto (N) organico	3%
	Azoto (N) ammoniacale	1%
	Azoto (N) ureico	1%
	Anidride fosforica (P ₂ O ₅) totale solubile negli acidi minerali	5%
di cui:	P ₂ O ₅ solubile in citrato ammonico neutro e in acqua	4,5%
	P ₂ O ₅ solubile in acqua	4,2%
	Ossido di potassio (K ₂ O) solubile in acqua	12%
	Ossido di magnesio (MgO) solubile in acqua	2,5%
	Anidride solforica (SO ₃) solubile in acqua	24%
	Ferro (Fe) solubile in acqua	6%
	Carbonio organico (C) in origine biologica	7,7%
Formulazione	Microgranulato (Ø 0,5 ÷ 1,0 mm)	
Confezione	10 kg	

b)

Fig. 1a-b - Caratteristiche di concime minerale composto (a) e organo-minerale con microelementi (b)

Ammendante organico naturale umati solubili da Leonardite		
Composizione	Carbonio (C) organico totale sul t.q.	5,8%
	Carbonio (C) organico solubile in acqua	5,2%
	Carbonio (C) organico umificato	4,93%
	Azoto (N) organico sul t.q.	0,09%
	Azoto (N) organico sulla s.s.	0,75%
	Sodio totale (Na) sulla s.s.	<0,5%
	Sostanza organica totale sul t.q.	10%
	Rapporto sostanza organica umificata su sostanza organica totale	85
	Rapporto C/N	64
	Peso specifico	1,05
Componenti	Acidi umici estratti da Leonardite	
Formulazione	Liquida	
Confezione	5 litri, 25 litri	

c)

12.7.8 + 0,1 B + 0,2 Fe + 0,05 Zn Sospensione di concimi NPK contenente B, Fe, Zn " a basso tenore di cloro "			
Composizione di cui: di cui:	Azoto (N) totale	12% (145 g/l)	
	Azoto (N) ureico	12%	
	Anidride fosforica (P ₂ O ₅) solubile in citrato ammonico neutro e acqua	7% (84 g/l)	
	Anidride fosforica (P ₂ O ₅) solubile in acqua	7%	
	Ossido di potassio (K ₂ O) solubile in acqua	8% (96 g/l)	
	Boro (B) solubile in acqua	0,1%	
	Ferro solubile in acqua	0,2%	
	Zinco (Zn) solubile in acqua	0,05%	
	Formulazione	Liquida	
	Confezione	1 kg	

d)

Fig. 1c-d - Caratteristiche di ammendante organico naturale (c) e polivalente fogliare (d)

ecc.) seguita, nei concimi composti, da numeri indicanti il titolo degli elementi fertilizzanti (nell'ordine N, P, K).

- il *titolo*, è la percentuale in peso dell'elemento o degli elementi fertilizzanti contenuti nel prodotto.

Altre informazioni sono:

- il *titolo relativo alla forma* (es. azoto nitrico, azoto ammoniacale) e alla solubilità (es. anidride fosforica solubile nell'acqua);
- il *peso netto* (o lordo con la tara);
- il *nome* (o la ragione sociale o il marchio depositato) e la sede dello stabilimento di fabbricazione;
- il *nome e l'indirizzo del responsabile* dell'immissione in commercio.

Nei concimi organo-minerali è obbligatoria la dichiarazione del titolo in "CARBONIO ORGANICO" (di origine biologica) e quella dei concimi minerali semplici e/o composti utilizzati per la preparazione. La legge 748/84, definisce le norme per la disciplina dei fertilizzanti.

A solo titolo di esempio, nelle figg. 1a-b, 1c-d (pp. 96-97) sono state riunite le dichiarazioni di alcuni tra i concimi commerciali più utilizzati e le rispettive caratteristiche riportate nell'etichetta.

2.1.1. Concimi organici

Sono derivati da residui o deiezioni organiche che possono avere origine animale, vegetale o mista.

Letame. Il letame è formato dalle deiezioni solide e liquide degli animali in stabulazione miscelate a lettiere vegetali (foglie, paglia). Per essere utilizzato deve subire processi di trasformazione (periodo minimo di 3-4 mesi) che avvengono mediante fermentazione naturale ammoniacale, aerobica (in presenza di aria) e anaerobica (in assenza d'aria). Il risultato finale è un composto omogeneo che non deve presentare tracce di lettiera. Tale processo è necessario in quanto il fertilizzante fresco, o ancora non maturo, può contenere semi di malerbe ancora vitali che possono costituire, nel terreno, una pericolosa sorgente di infestazione. Pur avendo un basso titolo di azoto, fosforo, potassio (mediamente: N 0,7%, P 0,08%, K 0,5%), il letame rimane il concime organico più importante e completo per i piani di fertilizzazione. Si ritiene che una tonnellata di letame apporti al terreno, rispettivamente: 4 kg di azoto, 2 kg di fosforo e 5 kg di potassio. Questo concime organico è un ottimo

ammendante⁵ mentre, a livello chimico, oltre al già citato contributo in nutrienti, è in grado di migliorare la capacità di scambio cationico, di aiutare ad equilibrare il pH della soluzione circolante e di favorire l'attività microbiologica del terreno apportando una complessa flora batterica e numerosi microelementi. Esso è impiegato in dosi variabili, da circa 20 a 60 t/ha ed è sparso sul terreno prima dello scasso o dell'aratura profonda che precede l'impianto. Al fine di contenere le perdite per ossidazione della sostanza organica e per volatilizzazione dell'azoto (sia elementare che in forma ammoniacale), è buona norma limitare l'esposizione del letame all'aria. Una volta mescolato nel terreno, l'azione del letame non si esaurisce al solo primo anno, ma si protrae anche nelle annate successive (quattro-cinque anni). La durata della sua azione, tuttavia, varia in funzione, oltre che della dose, anche del tipo di terreno (nei substrati molto sciolti si esaurisce rapidamente), della profondità d'interramento (nelle zone più profonde del terreno i processi di mineralizzazione sono lenti), dell'andamento climatico (nei climi freddi l'effetto permane più a lungo), del grado di maturazione (il letame maturo rimane disponibile più a lungo) e infine, dell'epoca di distribuzione (l'interramento eseguito in estate ha un effetto fertilizzante di minor durata rispetto a quello eseguito in autunno).

Liquami. Derivano dalle deiezioni liquide degli animali tenuti in stalla senza l'impiego di lettiera. Le caratteristiche sono diverse da quelle del letame e la diversità è legata, soprattutto, alla provenienza. La sostanza organica di origine animale non è, infatti, in grado di produrre *humus* stabile senza il contributo di materiali ligno-cellulosici (paglia, trucioli, residui di potatura e altri). Il potere fertilizzante del liquame bovino è più elevato di quello suino. Mediamente 10 tonnellate del primo composto contengono: 0,80-0,85 tonnellate di sostanza organica, 40 kg di N, 35 kg di P₂O₅, 40 kg di K₂O; 10 tonnellate di liquame suino contengono invece: 0,22-0,24 t di sostanza organica, 20 kg di N, 12 kg di P₂O₅, 20 kg di K₂O. È utile rimarcare l'alto contenuto in fosforo di entrambi i liquami. Sotto il profilo agronomico, le dosi consigliabili di liquame suino rientrano nell'ordine di 150-200 m³/ha mentre, per il liquame bovino, tra 50 e 70 m³/ha. L'epoca migliore per la distribuzione è quella della pre-aratura. Anche in questo caso è necessario ricorrere all'incorporamento del liquame

nel terreno per limitare le perdite di azoto e per apportare gli elementi nutritivi e la sostanza organica a una maggiore profondità.

2.1.2. Concimi minerali

Ricavati da minerali inorganici o prodotti mediante un processo di sintesi industriale, questi fertilizzanti si trovano in commercio come concimi semplici, se costituiti da un solo elemento nutritivo; come composti, quando realizzati con miscele di più sali, e come complessi se la miscela chimica è stata realizzata con più principi nutritivi.

Concimi semplici

Concimi azotati. Contengono azoto, espressamente dichiarato, in una o più forme e solubilità. Possono anche contenere elementi secondari e microelementi, ma non fosforo e potassio in quantità dichiarabile. I concimi azotati sono distinti in: nitrici, ammoniacali e concimi contenenti azoto organico di sintesi.

Concimi azotati nitrici. Sono quelli più prontamente utilizzabili dalla pianta, dato che lo ione nitrico è direttamente e facilmente assorbito dall'apparato radicale. Si ritiene, infatti, che, entro 10-20 giorni dalla distribuzione, la pianta sia in grado di disporre dell'azoto assorbito dal suolo. A questa pronta disponibilità si contrappone un notevole pericolo di perdite per dilavamento da forti piogge. Oltre alla normale azione nutritiva, ai concimi nitrici si attribuisce anche la funzione antiasfissiante dovuta al fatto che lo ione nitrico, ricco di ossigeno, risulta utile alla pianta soprattutto quando essa si trova a vivere in ambiente umido e asfittico. Lo ione nitrico, inoltre, può essere assorbito in grande quantità per cui, aumentando la concentrazione nella linfa, abbassa il punto di congelamento della pianta e crea le premesse per una sua maggiore tolleranza ad eventuali ritorni di freddo.

In commercio, i concimi nitrici comprendono:

- *Nitrato di sodio* (15-16% di N). Di origine naturale e a reazione alcalina, è un fertilizzante adatto a terreni acidi.
- *Nitrato di calcio* (15-16% di N). Concime solubile e rapidamente assorbito dalle colture, può essere altrettanto velocemente dilavato dal terreno in coincidenza di piogge o supporti irrigui. Ricco di calcio, quindi alcalino, è adatto a terreni acidi.
- *Nitrato ammonico.* Contiene azoto in forma nitrica e ammo-

niacale ed è quindi assorbito dalle radici in parte rapidamente, e in parte lentamente. Nel titolo devono essere indicate la percentuale di azoto totale e le frazioni di nitrico e di ammoniacale. Il nitrato ammonico (26-13) è costituito dal 26% di azoto nitrico e dal 13% di azoto ammoniacale.

Concimi azotati ammoniacali. Sono caratterizzati da un'azione più lenta rispetto ai precedenti, soprattutto se la distribuzione coincide con periodi della stagione più freddi, quando l'attività microbica nel terreno è rallentata. Lo ione ammonio è trattenuto dai colloidi del terreno, perciò, tali concimi sono meno soggetti a perdite per dilavamento. In commercio, i concimi ammoniacali comprendono:

- *Solfato ammonico.* Ha titolo del 20-21% di azoto (N). La presenza dello zolfo conferisce ad esso una reazione acida per cui è preferito negli interventi fertilizzanti ai terreni alcalini.
- *Ammoniaca anidra.* È il concime azotato a più alto titolo (82% di N). Pur essendo poco costoso, ha il difetto di essere un composto gassoso, di una certa pericolosità.

Concimi contenenti azoto organico di sintesi. Questi concimi possiedono caratteristiche agronomiche abbastanza simili ai composti ammoniacali. Subito dopo lo spargimento nel terreno, l'azoto organico è rapidamente trasformato in ammoniacale per cui, pur non possedendo la caratteristica di rapidità di assorbimento, più tipica dei nitrati, questi fertilizzanti sono da inserire tra gli azotati a pronto effetto e poco dilavati. A questo gruppo appartengono due composti piuttosto diffusi: la calciocianamide e l'urea.

- *Calciocianamide.* È ottenuto chimicamente (20-21% di N) e contiene, oltre alla calciocianamide (CaCN_2), ossido di calcio ed esigue quantità di urea e di sali di ammonio. Ha reazione alcalina, non è completamente solubile in acqua, ha effetto piuttosto lento ed è caustica, per cui deve essere manipolata con prudenza e accuratamente interrata. Oggi è usata più come correttivo della reazione del terreno che come concime.
- *Urea.* È un prodotto di sintesi (46% di N) che contiene diamide carbonica e l'1-2% di biureto (fitotossico). Possiede un alto titolo di azoto, un'azione sufficientemente pronta, si distribuisce facilmente nel terreno e, rispetto agli altri conci-

mi azotati, è di costo più contenuto. Immessa nel terreno, l'urea è rapidamente trasformata in ammoniaca. Il tempo necessario per questa trasformazione, varia in relazione alla temperatura e alla presenza nel terreno di sostanza organica (tra le poche ore e i 3-4 giorni). È un fertilizzante spesso impiegato anche per la concimazione fogliare.

Concimi fosfatici. Sono concimi minerali semplici che contengono fosforo (in forme e solubilità diverse) e a volte anche elementi secondari o microelementi. Il fosforo possiede scarsissima mobilità nel terreno, per cui occorre tenere conto di questa caratteristica quando si procede alle scelte della tecnica e dell'epoca di distribuzione. Gli ioni sono assorbiti rapidamente dai colloidi del terreno e bloccati negli strati più superficiali. Il titolo è espresso come P_2O_5 e non deve essere inferiore al 10%.

- *Perfosfato semplice.* Il titolo è espresso in percentuale di P_2O_5 ; è solubile in acqua o in citrato ammonico. Tra i prodotti commerciali è quello maggiormente impiegato ed ha un titolo che oscilla tra 18% e 21%. Possiede un'elevata solubilità ed è ricco di elementi secondari.

Concimi potassici. Sono concimi minerali semplici contenenti potassio in una o più forme e solubilità. Possono anche avere elementi secondari e microelementi ma non quantità dichiarabili di azoto o di fosforo. Ad eccezione dei terreni acidi, dove lo ione idrogeno sostituisce il potassio assorbito dai colloidi favorendone l'entrata in soluzione, il potassio non è soggetto a fenomeni di dilavamento; al contrario, è fortemente trattenuto dal terreno risultando, come il fosforo, poco mobile. Nonostante i terreni italiani siano, in genere, costituzionalmente ricchi di potassio, occorre comunque sottolineare che le piante richiedono elevati quantitativi di questo nutriente. Il titolo dei concimi potassici è espresso in K_2O solubile in acqua e il valore minimo ammesso è del 10%.

- *Cloruro di potassio* (60% di K, Cl 45-47%). È il concime potassico più economico, è utilizzabile senza problemi solo nei terreni sciolti e con elevata disponibilità di acqua.
- *Solfato di potassio* (50-52%). Ha reazione acidificante e pronta disponibilità per le piante.

Concimi composti

Questi prodotti contengono più di un principio nutritivo e permettono un notevole risparmio nelle spese di trasporto, di immagazzinamento e di distribuzione in campo. Bisogna, tuttavia, considerare anche altri fattori: i concimi composti contengono gli elementi nutritivi in rapporti ben determinati e rigidi, che non sempre si adattano alle esigenze aziendali; inoltre, il prezzo dell'unità nutritiva contenuta è, generalmente, più elevato rispetto a quello dei concimi semplici.

- *Nitrato di potassio* (13% di N e 46% di K). Contiene azoto e potassio ed è molto solubile. Spesso è utilizzato per la fertirrigazione e per la concimazione fogliare.
- *Fosfato biammonico* (18% di N, 47% P). Concime complesso con azoto e fosforo, adatto, in particolare, per le concimazioni di fondo.
- *Solfato di magnesio* (20% di S, 25% di Mg). Particolarmente indicato per apportare magnesio al terreno, è utilizzato sia per la correzione di specifiche carenze, sia per equilibrare la nutrizione quando la coltura ha ricevuto consistenti concimazioni potassiche.

Concimi complessi

Sono fertilizzanti formati da miscele di sali. Possono essere binari, se costituiti solo da due elementi nutritivi (NK, PK, NP) oppure ternari quando i tre elementi fondamentali sono presenti in proporzioni diverse (NPK). Il titolo dei concimi complessi viene espresso in unità di N, P_2O_5 e K_2O indicati sempre in quest'ordine. Così, ad esempio, il concime ternario 8:24:24, contiene 8% di N, 24% di P_2O_5 e 24% di K_2O .

Concimi organo-minerali

Contengono una miscela di uno o più concimi organici (sostanze di scarto quali stallatico, pollina sottoposte a fermentazione, o sostanze umiche) con uno o più concimi minerali (semplici o composti). La matrice organica deve essere dichiarata e concorrere a formare il prodotto in misura non inferiore al 5%. Il tipo di matrice organica è estremamente importante: a seconda del suo livello di umificazione può agire con minore o maggiore efficacia sul metabolismo dei nutrienti nel sistema suolo-pianta. Nel caso in cui il concime organo-minerale sia costituito da più matrici, tutte devono essere dichiarate in ordi-

ne decrescente rispetto alle quantità presenti nel fertilizzante. In genere tali composti hanno formulazioni diverse perché prodotte da differenti ditte. Infine, va segnalato che la presenza della sostanza organica, per le modeste quantità in cui partecipa al formulato, è in ogni caso insufficiente a far variare il “bilancio organico” del suolo.

3. La fertilizzazione dell’impianto

Più volte è stato segnalato che l’eterogeneità dell’olivicoltura toscana è dovuta a differenti “climi” e “suoli”, nei quali l’olivo ha trovato forti elementi di peculiarità per il suo prodotto (Cimato *et al.*, 1993; 1995; 1998).

Un esempio di tale diversità si evince dalla lettura della *tab. 3*. Si tratta di una rielaborazione di dati raccolti da tecnici dell’ARSIA da prove sperimentali in olivicoltura da cui emergono le molteplici tipologie dei terreni toscani utilizzati (Toma, 1999; Failla *et al.*, 1997).

All’attento lettore questa realtà non può sfuggire ed è evidente che sarebbe azzardato sviluppare la fertilizzazione dell’oliveto senza considerare questi aspetti; di conseguenza, tutte le proposte di seguito riportate si dovranno considerare d’indirizzo piuttosto che risolutive della tematica.



Rinnovo degli oliveti in Maremma

Tab. 3 - Tipologia di suoli sui quali è stata condotta una sperimentazione in olivicoltura

<i>Comune</i>	<i>Provincia</i>	<i>Altitudine</i>	<i>Tipologia del terreno</i>
Civitella	AR	400	argilloso-sabbioso
Cerreto Guidi	FI	55	argilloso sabbioso
Cerreto Guidi	FI	118	pesante
Incisa V.A.	FI	264	pesante
San Casciano V.P.	FI	249	di medio impasto
Barberino V.E.	FI	347	ricco di scheletro
Lastra a Signa	FI	150	di medio impasto ricco di scheletro
Semproniano	GR	530	argilloso-sabbioso
Pitigliano	GR	266	limoso-sabbioso
Pitigliano	GR	306	limoso-sabbioso
Pitigliano	GR	374	limoso-sabbioso
Pitigliano	GR	266	limoso-sabbioso
Manciano	GR	255	limoso-sabbioso
Bibbona	LI	75	argilloso-sabbioso
Castagneto Carducci	LI	90	argilloso-sabbioso
Rosignano M.mo	LI	77	argilloso-sabbioso
Suvereto	LI	28	argilloso-sabbioso
Capannori	LU	270	argilloso-sabbioso
Fosdinovo	MS	300	sabbioso-limoso
Pomarance	PT	311	argilloso-sabbioso
Pescia	PT	70	argilloso-sabbioso
Larciano	PT	42	argilloso-sabbioso
Castelnuovo B.ga	SI	300	medio impasto
San Gimignano	SI	270	al limite della possibilità delle colture
Asciano	SI	290	al limite della possibilità delle colture

Fonte: Toma, 1999.

Nel fertilizzare l'impianto è opportuno valutare: la dinamica con la quale gli elementi nutritivi somministrati e gli altri, già presenti nel terreno, si disciolgono nella fase acquosa del suolo e si rendono disponibili alle radici; la tendenza dei singoli sali a restare legati alle particelle colloidali del terreno (diventeranno disponibili solo in tempi successivi quando, come ioni, entreranno nella soluzione circolante) e il rischio dei concimi di essere allontanati per effetto d'improvvisi piogge o d'irrazionali interventi irrigui (rimozione per dilavamento).

Così, la fertilità del terreno non dipende dal totale delle sostanze in esso contenute quanto dalla concentrazione delle sostanze nutritive in soluzione.

Di seguito, dopo un breve accenno alle modalità tecniche d'intervento per somministrare i fertilizzanti al suolo e/o alla pianta (concimazione fogliare), l'attenzione sarà rivolta alla tipologia di concime che s'intende usare (organica e minerale) e alle proposte di concimazione.

3.1. Modalità di fertilizzazione

Gli elementi nutritivi possono essere somministrati al terreno con varie modalità: sull'intera superficie o in maniera localizzata intorno a ciascuna pianta; in superficie o interrati. Le scelte dipendono: dalle tecniche colturali che abitualmente sono applicate al terreno (epicature, fresature, sovescio, inerbimento, ecc.), dal metodo irriguo ove previsto, dalla pluviometria stagionale, dalla praticità delle operazioni di fertilizzazione e, non ultimo, da un'attenta valutazione economica.

È necessario distribuire fertilizzanti al terreno in corrispondenza delle aree maggiormente esplorate dalle radici assorbenti e, di conseguenza, al di fuori della proiezione della chioma, evitando le zone più vicine al tronco. Il rispetto di questo criterio non è indispensabile nel caso di impianti ad elevata densità giacché, in tal caso, i concimi sono comunque utilizzati dagli alberi, ma è essenziale quando i filari sono molto distanziati fra loro. Per alcuni fertilizzanti, quali il superfosfato, l'efficienza del concime varia notevolmente se si procede all'interramento; così, ad esempio, in terreni a tessitura argilloso-limosa, a basso pH e poveri di fosforo, la procedura di incorporare nello strato più superficiale del terreno il perfosfato appena distribuito, ne favorisce l'assorbimento.

Le macchine per la distribuzione dei fertilizzanti appartengono a categorie molto diverse tra loro, soprattutto in funzione del fatto che i concimi da distribuire possono essere solidi, liquidi o gassosi. Fra le macchine distributrici di concimi esiste una vasta gamma di soluzioni tecniche adatte ai due tipi di prestazioni richieste: spargimento del fertilizzante su tutta la superficie (a spaglio) o localizzato. Ad un buon spandiconcime si richiede di essere: costruito con materiale di non facile corrosione, adatto alla differente maneggevolezza dei concimi e regolabile e agevole per la pulizia, per i rifornimenti e per la distribuzione.

3.1.1. La fertilizzazione al suolo

La fertilizzazione al suolo risulterà finalizzata solo nel momento in cui gli elementi nutritivi sono presenti e disponibili nel terreno in quantità sufficiente a soddisfare le esigenze della coltura, e in forma tale da favorire i meccanismi di assorbimento della radice.

L'analisi chimica del terreno, strumento in grado di informare sulla sua ricchezza in elementi nutritivi, di per sé non è sufficiente a indicare quantità e modalità di nutrienti da distribuire al suolo. Tale affermazione risente di una serie di fattori che svolgono un ruolo di primaria importanza nei processi di fissazione, retrogradazione⁶ e solubilizzazione dei fertilizzanti.

Tra le diverse cause si possono segnalare: la disponibilità dei colloidi (minerali e organici) e del loro grado di saturazione; i valori del pH, del calcare, dell'umidità e il rapporto tra gli ioni.

Per meglio chiarire l'interazione fra terreno e fertilizzanti e spiegare come la disponibilità degli elementi alle piante sia subordinata a questi fenomeni, riportiamo di seguito alcuni esempi: la presenza di calcare nel suolo favorisce la retrogradazione del fosfato monocalcico; un pH troppo basso facilita l'insolubilizzazione dei fosfati; i colloidi umici favoriscono i processi di scambio. Così, solo sulla base di queste conoscenze (analisi del suolo e relative interazioni), si è in grado di decidere correttamente le quantità di fertilizzanti (organici e minerali) e le procedure (tecnica ed epoche) per la loro distribuzione al terreno.

La fertilizzazione organica. È l'intervento predominante che precede l'impianto dell'oliveto e coincide con la concimazione di fondo.

È solo in tempi relativamente recenti che è stato riconosciuto il ruolo che la sostanza organica svolge sulla fertilità di un terreno. La ricostituzione e il mantenimento nel suolo di livelli adeguati di sostanza organica è uno degli obiettivi da perseguire in qualsiasi piano di fertilizzazione. Nel Piano di Sviluppo Rurale della Toscana si sottolinea come i terreni della regione siano particolarmente carenti nel tenore di sostanza organica e come, per riportare i valori a livelli accettabili (~ 2%), sia necessario incentivare l'uso di concimi organici.

Una volta stabilite le esigenze di sostanza organica e il prodotto da utilizzare, si procede alla fertilizzazione tenendo conto della tipologia del terreno. Il letame maturo (bovino o ovino) è

sicuramente il prodotto migliore che si somministra in dosi che possono arrivare a 40-60 tonnellate per ettaro. Se, come spesso avviene, non si dispone di letame, si possono apportare altri prodotti organici (es. pollina, pennone, cascami di cuoio ecc.) con l'avvertenza di integrarli con apporti di materiali poveri di azoto (paglia o stocchi di mais trinciati a dosi fino a 25-35 tonnellate per ettaro). L'alternativa più efficace è il sovescio⁷ di leguminose (o di altre specie) per le proprietà che hanno di apportare al terreno una notevole quantità di materiale organico facilmente decomponibile.

Questa pratica deve essere realizzata nel periodo autunno-invernale per evitare eventuali competizioni idriche tra gli alberi e la specie erbacea (sovescio). Quest'ultima è scelta, ovviamente, in base agli scopi per cui si esegue questa pratica.

Un sovescio di veccia, ad esempio, può apportare fino a 150 unità di azoto per ettaro. Le crucifere hanno una forte capacità di assimilare i fosfati minerali più insolubili; sovesciando colza o senape si rendono disponibili rilevanti quantità di fosforo.

Diversi studi concordano nel dire che almeno il 50% degli elementi nutritivi forniti da un sovescio sono rilasciati con prontezza e, di conseguenza sono subito disponibili per l'assorbimento radicale mentre, la restante frazione, lo sarà a distanza di un anno (Guet, 1997).

Nei casi di limitata disponibilità idrica, una soluzione alternativa alla letamazione è il sovescio parziale a file alternate o, ancora, l'impiego di *compost* ricavati da materiale organico di diversa natura (residui solidi urbani, scarti organici da lavorazioni industriali ecc.). Questi prodotti sono ottenuti con processi standardizzati che prevedono: l'accumulo del materiale organico in contenitori e una serie di radicali trasformazioni (chimiche e fisiche) per azione fermentativa di una specifica flora microbica.

Da diversi anni, la letteratura specializzata, riporta le risposte agronomiche che seguono all'utilizzo dei compost da residui solidi di lavorazioni industriali. In circa un mese, un compost, ottenuto da miscela di fango di cartiera e paglia, raggiunge una soddisfacente stabilità nel contenuto in azoto totale e idrolizzabile, nel carbonio umificato e nella presenza di batteri ammoxidanti e proteolitici. Sono invece necessari due mesi per ottenere la stabilizzazione di altri parametri quali: carbonio organico, cellulosa, emicellulosa, lignina, fenoli, acidi umici, azoto ammoniacale e nitrico, microrganismi nitrificanti e cellulolitici.

Il confronto tra letame e *compost* non ha dimostrato differenze apprezzabili nella cessione dei singoli nutrienti alle piante. L'uso del *compost* in terreni con un basso contenuto di sostanza organica (meno dell'1%), come in quelli sottoposti ad energetiche lavorazioni, può evitare gli inconvenienti che si riscontrano in genere quando sono interrati i residui colturali (potature, foglie, ecc.) e/o altro materiale organico. In queste condizioni, infatti, i materiali vegetali apportati tendono a disgregarsi lentamente intralciando le operazioni colturali, determinando inizialmente l'accumulo di sostanze tossiche per le piante e favorendo, allo stesso tempo, lo sviluppo di microrganismi particolari che riducono le riserve di azoto nel terreno.

La fertilizzazione minerale. Per quanto riguarda la concimazione minerale, è da tener presente che può essere effettuata sia a integrazione della concimazione di fondo che di quella di produzione, anche in funzione della diversa dinamica che gli elementi minerali hanno nel suolo. Per i fertilizzanti azotati, come ad esempio i nitrati, la mobilità è strettamente legata alla disponibilità idrica. Una volta distribuiti sulla superficie del suolo, tali sali riescono a penetrare nel terreno in breve tempo purché trasportati dall'acqua piovana o di irrigazione.

Per l'azoto ammoniacale il movimento e l'utilizzazione sono più lenti. Infatti, secondo le condizioni climatiche, il processo di trasformazione in azoto nitrico si può svolgere in un intervallo breve (qualche settimana), oppure lungo (qualche mese). Una parte di azoto ammoniacale come tale può, comunque, essere assimilato dall'olivo in tempi brevi.

Nei climi più freddi, la fertilizzazione minerale con i fertilizzanti nitrici, e in particolare con il nitrato di calcio (prontamente assimilabile dall'olivo), ha fornito i migliori risultati. In queste aree, infatti, in primavera, quando l'olivo ha maggiori richieste di azoto, i processi di nitrificazione sono ancora lenti per cui, i sali nitrici sono da preferire a quelli ammoniacali. Nei climi più caldi, invece, possono essere utilizzati anche quelli ammoniacali, con buoni risultati proprio perché i processi di nitrificazione, che rendono disponibile l'azoto per la pianta sono, con queste temperature, accelerati. La stretta relazione tra fertilizzanti azotati e disponibilità idriche chiarisce che nella scelta del tipo di concime azotato da impiegare, è necessario prendere in esame anche il regime delle precipitazioni.

Durante i periodi dell'anno con suolo asciutto, eventuali concimi nutritivi od ureici somministrati al terreno, rimangono in superficie e l'infiltrazione avviene solo in coincidenza con le prime piogge. In una simile situazione agronomica, è evidente che tali sali, prima di raggiungere le radici dell'olivo, potranno essere assorbiti e utilizzati da altre piante presenti in superficie (cotico erboso ecc.) o giungere a contatto con le zone di assorbimento radicale in epoche della stagione meno favorevoli. La possibilità di praticare l'irrigazione consente, invece, di intervenire con la concimazione azotata secondo le puntuali esigenze fisiologiche degli alberi: il binomio acqua-azoto rappresenta, in tal senso, un valido strumento per controllare efficacemente il comportamento vegetativo e produttivo degli olivi (*Marangoni et al., 1991*).

In questo paragrafo, meritano una particolare segnalazione i diversi tentativi proposti dai ricercatori per proporre l'impiego dei reflui della frangitura come integrazione al suolo di nutrienti (organici e minerali) e di acqua.

Impiego di reflui dei frantoi oleari. Un problema di crescente attualità è legato allo smaltimento dei residui oleari le cui composizioni variano a seconda del sistema di estrazione: gli impianti tradizionali a pressa (ciclo discontinuo) e gli impianti a tre fasi (ciclo continuo) producono sanse asciutte e acque di vegetazione, quelli a due fasi producono un unico residuo di lavorazione, le sanse umide, cioè la pasta di olive desoleata imbevuta di acqua costituzionale. Mentre le sanse asciutte vengono normalmente cedute alle raffinerie per l'estrazione dell'olio di sansa, le acque di vegetazione possono essere utilizzate, attraverso lo spandimento controllato su terreni agricoli, come integrazione al suolo di nutrienti e di acqua.

L'uso delle acque reflue e delle sanse è regolato dalla legge 574/96 "Nuove norme in materia di utilizzazione agronomica delle acque di vegetazione e di scarichi dei frantoi oleari" e fissa i limiti in 50 m³/ha/anno per le acque provenienti da frantoi a ciclo tradizionale e 80 m³/ha/anno per quelle derivanti da impianti a ciclo continuo. La normativa non prevede trattamenti dei residui ma, considerata la possibile carica inquinante legata all'elevato contenuto di sostanze organiche, all'acidità (pH 4,8-5) e alla ricchezza in sali minerali e in prodotti fenolici, si pone la questione di verificare la necessità o l'opportunità di pre-trattamenti prima della loro utilizzazione agronomica.

L'utilizzo delle acque di vegetazione in un normale circuito di depurazione civile prevede che tali acque siano prima sottoposte a diversi cicli di pre-trattamento che risultano particolarmente lunghi (12 mesi).

La normativa non dà indicazioni sul momento migliore per la distribuzione dei reflui, né sulle modalità di incorporazione al terreno o sui possibili effetti fitotossici per la pianta. Persiste, quindi, il problema di valutare correttamente quali miglioramenti chimico fisici i reflui sono in grado di apportare al terreno e quali siano le reali conseguenze del loro uso.

Le acque di vegetazione contengono numerosi componenti, soprattutto organici, di origine vegetale naturale, che non hanno subito manipolazioni chimiche né hanno ricevuto additivi estranei (tab. 4); inoltre si possono generalmente considerare esenti da microrganismi e virus patogeni nonché da sostanze organiche e inorganiche potenzialmente inquinanti e/o tossiche. Dall'analisi della tabella emerge che, negli impianti discontinui tradizionali, a causa delle maggiori quantità di acqua usata nel processo, la maggior parte dei valori risultano quasi dimezzati rispetto ai corrispondenti valori riscontrati in reflui provenienti da impianti continui a centrifugazione. Per quanto riguarda la caratterizzazione microbiologica delle acque di vegetazione, dai dati disponibili emerge che la popolazione microbica è prevalentemente costituita da batteri, tra i quali i più numerosi sono i cellulolitici, mentre lieviti e funghi sono presenti in numero minore e i batteri nitrificanti risultano assenti.

Tali caratteristiche potrebbero far risultare i reflui un ottimo fertilizzante, tuttavia i risultati di prove sperimentali in varie zone di Italia sono stati discordanti. La loro valorizzazione agronomica, infatti, dipende da numerosi fattori quali le modalità e le dosi di spargimento, la tipologia del refluo, le caratteristiche del suolo, le condizioni climatiche e la presenza o meno di sistemi irrigui.

Modificazioni delle proprietà fisiche del terreno. I dati inerenti le modificazioni indotte dai reflui sulle proprietà fisiche del terreno, pur essendo ancora insufficienti, vengono quantificate attraverso alcune caratteristiche strutturali quali la porosità, la stabilità degli aggregati, la ritenzione idrica. Secondo alcuni autori lo spandimento dei reflui sul terreno, soprattutto se attuato con continue e moderate somministrazioni, ne aumenterebbe la porosità con benefici riflessi sulla ritenzione e sui movimenti dell'acqua. Dal punto di vista della stabilità degli aggregati, si è

Tab. 4 - Caratteristiche chimico-fisiche delle acque di vegetazione provenienti da due diversi processi di estrazione dell'olio

Parametri	Processo continuo a centrifugazione			Processo discontinuo a pressione		
	Min.	Medio	Max	Min.	Medio	Max
pH	5,10	5,40	5,80	4,70	5,40	5,50
Acqua (%)	79,85	86,40	91,70	90,40	93,50	96,50
Composti organici (%)	7,22	12,00	18,30	2,60	5,20	8,00
Sostanze grasse (%)	0,02	0,50	1,00	0,50	1,30	2,30
Sostanze azotate (%)	1,20	1,80	2,40	0,17	0,30	0,40
Zuccheri (%)	2,00	4,50	8,00	0,50	1,50	2,60
Acidi organici (%)	0,50	0,90	1,50	-	tracce	-
Polialcoli (%)	1,00	1,10	1,50	0,90	1,10	1,40
Pectine, mucillagini, tannini (%)	1,30	1,50	1,70	0,23	0,37	0,50
Glucosidi	-	tracce	-	-	tracce	-
Polifenoli (%)	1,20	1,70	2,40	0,30	0,63	0,80
Sostanze minerali a 550 °C	1,00	1,50	1,70	0,20	0,40	0,50
P ₂ O ₅ (%)	0,14	0,21	0,23	0,03	0,06	0,07
CO ₂ (%)	0,20	0,30	0,35	0,04	0,08	0,10
SO ₃ , SiO ₂ , FeO, MgO (%)	0,06	0,09	0,10	Tracce	0,02	0,03
CaO (%)	0,06	0,09	0,01	0,01	0,02	0,03
K ₂ O (%)	0,47	0,71	0,81	0,11	0,19	0,24
Na ₂ O (%)	0,07	0,10	0,11	0,01	0,03	0,03
Solidi sospesi (%)	0,08	0,10	0,15	0,70	0,90	1,10
Sostanze secche a 105 °C	8,30	13,60	20,15	3,50	6,50	9,60
COD (g/l)	54,10	208,00	318,00	28,90	49,50	79,10
BOD5 (g/l)	19,20	90,20	134,80	17,00	28,70	41,20
Mc AV/t olive	-	0,40	-	-	1,10	-
Mc AV/t olio	-	2,00	-	-	5,50	-

Fonte: Ciancabilla et al., 2002.

costatato che il miglioramento è evidente soprattutto negli strati meno profondi e in quei terreni in cui esiste il problema della formazione di croste superficiali. Tuttavia, in alcune sperimentazioni i residui dei frantoi oleari sono risultati tossici nei confronti della flora microbica, a causa dell'elevato tenore in tannini (Zucconi et al., 1996). L'alterazione della flora microbica, e di conseguenza del processo di umificazione, provocherebbe un

peggioramento delle caratteristiche fisico-chimiche del suolo, scarsamente compensato dall'effettivo aumento dei contenuti dei principali macroelementi.

Modificazioni delle proprietà chimiche del terreno. Per quanto riguarda l'incidenza dei reflui sulle caratteristiche chimiche del terreno, esiste una maggiore disponibilità di letteratura che riporta i risultati di numerose ricerche. I residui oleari, che rappresentano circa il 50% del peso delle drupe lavorate, possono apportare, a seconda del sistema di estrazione, valori di sostanza organica di 105 kg/m³ (sistema tradizionale) o di 26 kg/m³ (sistema continuo a tre fasi) e di macro e micro elementi (azoto, potassio, calcio, magnesio, fosforo, sodio e ferro) in varie concentrazioni (*Garcia-Ortiz Rodriguez et al., 1995*). Pertanto i reflui di frantoio possono essere considerati ammendanti vegetali liquidi di origine naturale, in grado di arricchire il terreno in sostanza organica ed elementi nutritivi.

In Toscana, si riportano i risultati di prove sperimentali in oliveti in cui sono stati distribuiti 70 t/ha di sanse umide senza che si siano verificati effetti negativi. In Umbria sono state condotte prove di spandimento su oliveti utilizzando acque provenienti da impianti sia a pressa che a ciclo continuo a tre fasi. Le piante non hanno manifestato alcun sintomo di sofferenza nemmeno dopo la distribuzione di dosi esagerate di acque di vegetazione (400 m³/ha), ben al di sopra dei limiti fissati dalla normativa vigente. Nei terreni interessati dalla prova si è osservato un immediato effetto erbicida sulle infestanti, effetto che si è mantenuto per alcune settimane.

Tuttavia, per tutte le sperimentazioni è stato rilevato un abbassamento della reazione del terreno (pH da 8,1 a 6,4) al momento della distribuzione dei reflui per poi tornare ai valori iniziali dopo tre mesi.

In generale, i risultati emersi indicano che un apporto di 100 m³/ha di acque di vegetazione sul terreno agrario corrisponde a una discreta fertilizzazione azotata e fosfatica, e a un elevato apporto di potassio; precisamente a 50-60 kg di azoto in forma organica, 70-100 kg di fosfati come P₂O₅, 500-800 kg di potassio come K₂O.

Di recente, in Grecia, alcuni autori hanno verificato che le acque di vegetazione bio-processate possono sostituire validamente la fertirrigazione tradizionale all'oliveto (*Chatjipavlidis et al., 1997*). Il bio-processamento delle acque, realizzato dal ciano-

Tab. 5 - Confronto della produzione (kg olive a pianta) in oliveto sperimentale trattato con acque di vegetazione e con fertilizzanti inorganici

Ripetizioni	Produzione (kg/pianta)	
	Bio-fertilizzazione	Fertilizzazione inorganica
A	81,7	108,0
B	86,3	77,5
C	92,1	89,0
D	78,0	72,7
Produzione media	84,5	86,8
Deviazione standard	± 6,1	± 15,7

Fonte: Chatjipavlidis et al., 1997.

batterio azotofissatore (*Azotobacter vinelandii*), è necessario per il loro arricchimento in azoto e per renderle un “liquido biologico” ad alto potere fertilizzante.

Nella prova, condotta a Messina (Grecia), è stato confrontato il risultato produttivo di quattro parcelle, di uno stesso oliveto, trattate in parte con acque bio-fertilizzate e in parte con la tradizionale fertilizzazione chimica.

La tab. 5, che riunisce i risultati dell'esperimento, dimostra che la produzione media di olivi della varietà “Mavrelia”, dopo quattro anni, si è collocata su livelli molto simili e, di conseguenza, che l'applicazione di acque reflue bio-processate può essere in grado di sostituire la tradizionale fertilizzazione inorganica senza alterare la produttività degli impianti olivicoli.

In conclusione si possono trarre indicazioni a favore dello spandimento dei reflui oleari, sempre che siano distribuiti in quantità adeguate e in tempi opportuni. Un fattore importante di cui occorre tenere conto, come per gli altri tipi di fertilizzanti, è, infatti, l'epoca di somministrazione: i migliori risultati si ottengono con i trattamenti primaverili, quando le condizioni di umidità e temperatura favoriscono l'attività biologica del terreno.

Fertirrigazione. Tecnica agronomica che permette di fornire gli elementi minerali di cui necessitano le piante attraverso l'impianto di irrigazione. Per non creare stress nutrizionali, e affinché le piante esprimano al meglio le proprie potenzialità produttive, occorre che non si verifichino né carenze, né temporanei eccessi

di elementi minerali. Subito dopo la concimazione tradizionale, al contrario, la loro presenza aumenta improvvisamente: per alcuni si verifica un immediato assorbimento (N), mentre per altri elementi prevalgono fenomeni di immobilizzazione nel suolo (fissazione di K e Mg sui colloidali; retrogradazione per il P). L'aumento di concentrazione di un elemento, inoltre, può riflettersi negativamente sull'assorbimento di un altro. Con la fertirrigazione è possibile rendere maggiormente flessibile la distribuzione dei fertilizzanti in modo da assecondare le esigenze delle piante, anche in funzione di specifiche fasi della stagione vegetativa. Questa tecnica permette, infatti, di apportare piccole dosi dei vari elementi nel corso dello sviluppo della coltura, riuscendo a soddisfare le reali esigenze delle piante limitando l'assorbimento di "lusso" e la percolazione degli elementi più mobili. Intervenire con dosi molto basse di fertilizzante significa anche salvaguardare la componente microbiologica del terreno, di fondamentale importanza per la sua fertilità complessiva.

La fertirrigazione si è potenziata in tempi recenti parallelamente al diffondersi degli impianti a goccia; tali impianti, per poter svolgere al meglio le proprie funzioni, necessitano di alcuni requisiti: una buona progettazione, adeguata qualità dell'acqua, pressione e portata della sorgente d'acqua sufficiente. L'impianto deve, inoltre, poter garantire un corretto apporto idrico in modo tale che ogni pianta riceva gli stessi quantitativi di acqua e di fertilizzante. La corretta gestione della quantità di acqua, soprattutto fra due successive fertirrigazioni, è fondamentale per evitare sia carenze idriche, che provocano aumenti della salinità del terreno, sia eccessive irrigazioni che causano l'allontanamento dalla sfera radicale del concime precedentemente distribuito, vanificando così l'effetto dell'intervento.

Infine è importante una corretta concentrazione di fertilizzanti, in funzione di quella degli elementi nutritivi presenti nel terreno; se la somma dei sali disciolti nel terreno, di quelli nell'acqua di irrigazione e di quelli apportati con la fertirrigazione supera i valori di salinità del succo cellulare delle radici, viene ostacolato il meccanismo di assorbimento osmotico dell'acqua. L'avvicinarsi a questa concentrazione critica può far perdere efficacia a tale tecnica agronomica sino a farla diventare non vantaggiosa per la pianta.

Tipo di fertilizzante. Per la fertirrigazione sono solitamente utilizzate miscele di concimi idrosolubili o concimi idrosolubili

semplici le cui principali materie prime sono le seguenti: urea, urea fosfato, nitrato di calcio, nitrato di potassio, nitrato di magnesio, fosfato monoammonico, fosfato monopotassico. Possono essere utilizzate anche le acque di vegetazione dei frantoi, previo pretrattamento che consenta l'eliminazione di composti organici fitotossici e di eventuali fenomeni di fermentazione.

Nella scelta del fertilizzante è sempre opportuno considerare, oltre al costo, anche la solubilità dei vari formulati, la compatibilità dei vari prodotti fra loro e il grado di purezza. Qualora la conducibilità elettrica dell'acqua irrigua e/o del terreno sia elevata è opportuno scegliere prodotti che determinino un abbassamento della stessa; in generale la concentrazione nutritiva massima non deve superare il 3 ‰ (3 kg per mc di acqua).

Preparazione della soluzione. Nella preparazione della soluzione fertilizzante è importante considerare i seguenti diversi fattori: la diversa solubilità dei vari formulati (alcuni non sono completamente solubili), la temperatura dell'acqua in cui vengono disciolti (acqua molto fredda facilita la formazione di precipitati) e le interazioni chimiche tra elementi. In generale, per evitare che le particelle solide ancora presenti in soluzione otturino i filtri o l'impianto di irrigazione è buona norma far trascorrere un periodo di tempo sufficiente a farle sedimentare sul fondo del serbatoio (circa 15 minuti).

L'interazione chimica dovuta alla contemporanea presenza di determinati elementi nella stessa soluzione, può provocare la formazione di altre sostanze che otturano l'impianto. Il nitrato di calcio non può essere utilizzato in combinazione con concimi fosfatici, ma anche se usato da solo, può, più facilmente di altri prodotti, originare precipitati di calcio, soprattutto se l'acqua irrigua è ricca di questo elemento ed ha un pH superiore a 7. La forma ureica, pur prestandosi molto bene all'impiego fertirriguo per l'elevata solubilità e mobilità nel terreno, può determinare precipitazioni di calcio se le acque utilizzate sono ricche di questo elemento e di bicarbonati. Allo stesso modo il solfato ammonico può provocare la formazione di gesso, in particolare in presenza di elevate temperature estive. I concimi granulari fosfatici e potassici sono generalmente meno solubili di quelli azotati e, se disciolti in acque ricche di calcio e magnesio, possono dare origine a gel o fosfati di calcio. Alcuni di questi problemi possono essere evitati ricorrendo all'analisi dell'acqua e, ove necessario, al suo trattamento prima di aggiungere il fertilizzante.

Sicuramente, nella preparazione di ogni soluzione fertilizzante è necessario attenersi a metodologie che garantiscono la sicurezza (indossare guanti, vestiti e occhiali protettivi) e fare riferimento, soprattutto, alle indicazioni fornite su ciascun prodotto chimico usato.

Metodi di iniezione. L'iniezione dei fertilizzanti nell'acqua di irrigazione può essere fatta in vari modi; la scelta del sistema e dell'apparecchiatura di iniezione nelle linee distributrici dipendono dalla forma del fertilizzante (liquida o solida), dalla disponibilità di una fonte di energia elettrica, dalla portata del sistema di iniezione, e, infine, dai requisiti e dai vincoli della portata stabilita. Sono da preferire i sistemi con miscelatore ad eiettore (tubo venturi) e sistemi con pompa a iniezione. I primi hanno costi di acquisto relativamente bassi e sono facili da costruire; tuttavia l'energia idraulica assorbita è alta e richiedono una pressione elevata. I sistemi di pompa a iniezione permettono una gestione completa dei quantitativi e dei tempi e risultano adatti sia per il funzionamento manuale che per l'automazione più avanzata, ma sono più costosi.

Mentre in frutticoltura la fertirrigazione ha dato ottimi risultati, anche superiori rispetto alla concimazione tradizionale, in olivicoltura è ancora poco diffusa; tale situazione è sicuramente imputabile alle scarse conoscenze circa gli effetti dell'applicazione in relazione ai dosaggi, all'epoca di distribuzione e al sistema di applicazione. Di seguito si riporta un esempio di piano di fertirrigazione per un oliveto sperimentale in località Ferrandina (MT) (tab. 6).

La fertirrigazione consente un notevole risparmio di lavoro e di costi di distribuzione, non dovendo distribuire concimi a mano o con le macchine, ma l'impianto di irrigazione necessita

Tab. 6 - Piano di fertirrigazione calcolato per un oliveto sperimentale di piante adulte cultivar "Maiatica"

<i>Fasi fenologiche</i>	<i>N (g/pianta)</i>	<i>P (g/pianta)</i>	<i>K (g/pianta)</i>
Ripresa vegetativa-allegagione	242	8	100
1° fase di crescita della drupa	172	13	93
2° fase di crescita della drupa -invaiaatura	169	12	104

Fonte: Celano et al., 1999.

l'installazione e la corretta manutenzione di opportuni sistemi di filtrazione che ne assicurino la protezione da otturazioni e da usura eccessiva.

I principali aspetti negativi di questa tecnica sono dovuti al fatto che è applicabile solo alle colture irrigue, necessita di un impianto di irrigazione più perfezionato e costoso, e, se non vengono effettuati periodici interventi di manutenzione degli impianti, si verificano perdite per dilavamento e volatilizzazione.

3.1.2 La concimazione alla pianta (fogliare)

È la tecnica che sfruttando la capacità delle foglie di assorbire rapidamente sia micro che macro elementi, consente la distribuzione diretta di fertilizzanti (organici e minerali) alla pianta attraverso la parte epigea. Rispetto agli organi già lignificati le foglie hanno, infatti, una maggiore capacità d'assorbimento e tale meccanismo è più accentuato nelle foglie giovani rispetto a quelle adulte.

La concimazione fogliare permette di sopperire in maniera efficiente alle esigenze della pianta mentre riduce (da un terzo a un quinto) le quantità di elementi da somministrare al suolo. I nutrienti, infatti, non dovendo essere traslocati attraverso l'apparato radicale, possono essere somministrati in dosi relativamente ridotte e nei periodi critici per la pianta (mignolatura, allegazione, indurimento del nocciolo, fasi di aridità estiva). La possibilità di poter collegare la fertilizzazione con la particolare fisiologia delle piante arboree rappresenta il principale vantaggio della concimazione fogliare. La concimazione minerale al suolo è, invece, difficile da regolare e in fasi di aridità, come nel caso dell'olivo, non è possibile intervenire.

La somministrazione di nutrienti alle foglie è in grado di creare nella pianta una situazione di "equilibrium" tra attività vegetativa e riproduttiva, controllando così la competizione nutritiva che si instaura tra "sink"⁸ diversi, e riducendo il fenomeno dell'alternanza di produzione.

Questa competizione, segnalata già da tempo in frutticoltura (Cook et al., 1978; Faust, 1979a, 1979b, 1980; Giulivo et al., 1975; Weaver et al., 1985), nell'olivo si realizza in tempi e modi molto complessi (Tombsi et al., 1980; Cimato et al., 1985; Klein et al., 1984; Rallo et al., 1985).

Nelle prime fasi di crescita, quando la morfogenesi della pianta è sostenuta dalle sostanze di riserva e i germogli rappre-

sentano i sink metabolici più forti, la ripartizione degli assimilati è regolata dal gradiente di concentrazione. In un secondo tempo, subito dopo l'allegagione, tra germogli e giovani frutti si stabilisce una competizione, per gli elaborati fotosintetici e per i nutrienti, che consente lo sviluppo solo di quelle drupe in grado di competere con i germogli (*Tombesi et al., 1980; Paz Suarez et al., 1984; Marangoni et al., 1999*) e la cui crescita risulta, comunque, condizionata dai frutti presenti sul ramo. Giungeranno a maturazione, infatti, solo le olive con il più elevato potenziale di crescita (*Rallo et al., 1985*).

Per quanto riguarda l'accesso dei nutrienti all'interno del lembo fogliare, è stato dimostrato che nell'olivo i fertilizzanti sono assorbiti in modo accentuato nelle primissime ore che seguono l'applicazione e che il fenomeno si mantiene costante, ma con intensità inferiore, per tutte le 24-48 ore che seguono l'intervento. L'assorbimento avviene in prevalenza e con maggiore intensità dalla pagina inferiore, mentre è ostacolato dalla presenza della cuticola che protegge la pagina superiore.

L'assorbimento fogliare, tuttavia, è condizionato anche da altri fattori quali: le condizioni ambientali al momento della somministrazione (illuminazione intensa e aria sufficientemente umida favoriscono l'assorbimento), la natura e le dosi degli elementi nutritivi e l'eventuale aggiunta di sostanze ipotensive ai fertilizzanti.

La concimazione fogliare, tradizionalmente utilizzata per correggere in tempi brevi squilibri nutrizionali delle piante, non può interamente sostituire la concimazione annuale al terreno che, comunque, va realizzata in tempi e dosi opportune, anche perché le foglie sono in grado di assorbire una quantità di nutrienti limitata rispetto alle esigenze complessive della pianta.

Questa tecnica risulta essere particolarmente utile nel caso in cui gli elementi nutritivi, soprattutto microelementi quali il Fe, Mn, Zn, e Cu, non sono disponibili nel terreno per l'assorbimento da parte delle radici.

La ricca letteratura specializzata riporta che l'azoto è più facilmente assorbito per via fogliare rispetto al fosforo e questo, a sua volta, più del potassio (*Fiorino et al., 1973; Fiume et al., 1975; Perika et al., 1994; Garcia, 1995; Tan, 1997; Tombesi, 2000*).

In particolare tra i diversi composti azotati, l'urea è il concime più rapidamente assimilato (*Hartmann, 1958; Hartmann et al., 1966*) mentre, tra i fosfati, l'acido ortofosforico è più pronta-

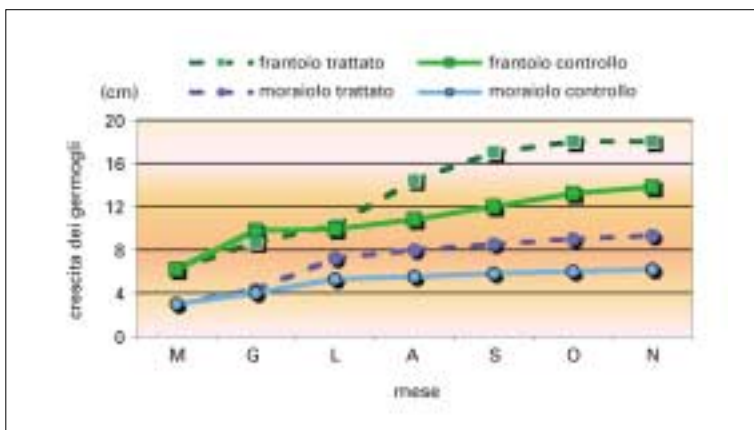


Fig. 2 - Effetti della concimazione fogliare con urea (1,5%) sulla crescita dei germogli in olivi cv Frantoio e Moraiolo (Cimato et al., 1994)

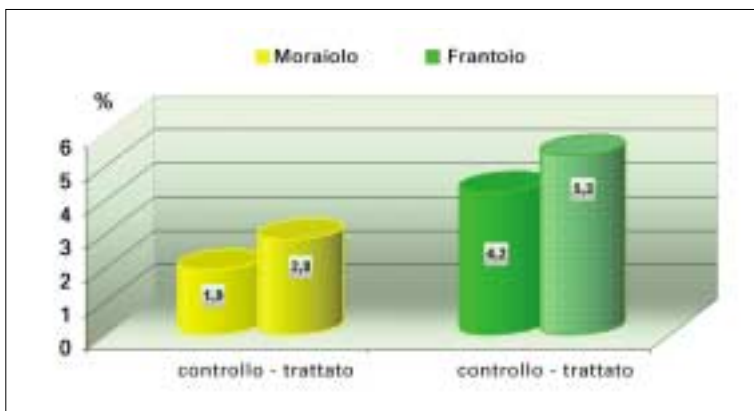


Fig. 3 - Entità dell'allegagione in piante Frantoio e Moraiolo controllo e trattate con urea (1,5%) fogliare (Cimato et al., 1994)

mente assorbito rispetto al fosfato monoammonico e questo, a sua volta, più del fosfato di magnesio. Le prime ricerche sulla concimazione fogliare di Klein e Weinbaum (1984, 1985) evidenziarono che l'urea è l'ideale "carrier"⁹ per fornire azoto, o altri elementi, all'olivo. I due ricercatori hanno dimostrato, inoltre, che l'azoto ureico, una volta assorbito per via fogliare, subisce un'intensa traslocazione, verso le infiorescenze prima e verso i frutti più giovani poi, per rispondere alle loro richieste di inten-

so accrescimento cellulare. La più alta disponibilità di azoto, assorbito per via fogliare, si traduce anche con una maggiore mobilità del potassio all'interno della pianta (Marzi, 1998).

La risposta produttiva dell'olivo a trattamenti fogliari con urea è stata verificata in Toscana da ricerche condotte in provincia di Firenze (Cimato et al., 1989, 1991, 1993, 1994). Somministrazioni (urea al 1,5%) da fine aprile a metà maggio, sospese durante la fioritura e riprese ad allegagione avvenuta, con tre interventi durante il periodo estivo (ogni 2-3 settimane), sono state in grado di modificare la ripartizione degli assimilati nei tessuti e di favorire la crescita dei germogli (fig. 2) e l'allegagione dei fiori (fig. 3) in piante di "Frantoio" e "Moraiolo".

Il ciclo di trattamento con urea può essere abbinato, in pre e post-fioritura, a un fungicida, ad esempio zolfo (Iannotta et al., 2000), soprattutto quando la fioritura è indebolita dalla competizione nutrizionale o dalla siccità.

Poco prima dell'indurimento del nocciolo è, invece, vantaggioso un trattamento nitro-potassico che aumenta la quantità e la qualità della produzione. A questo stadio è anche possibile aggiungere fosforo, associando un nitrato e un fosfato di potassio.

Ulteriori indagini (Inglese & Gullo, 2000), confermando l'efficacia di somministrazioni con KNO_3 al 3%, e K_2SO_4 al 4% durante le fasi di sviluppo del frutto, hanno mostrato una considerevole e significativa riduzione della cascola, seguita da valori più elevati di peso del frutto e del rapporto polpa-nocciolo.

In determinate condizioni, può risultare utile, a 4-6 settimane dall'indurimento, fornire un trattamento fosfo-potassico, che migliora la crescita finale e la maturazione dei frutti. In generale, il fosforo diminuisce la resistenza dei frutti al distacco e accelera la maturazione dei frutti, per cui è meglio non intervenire verso la fine di tale processo. Al contrario, un trattamento ritardato può essere vantaggioso se si vuole anticipare la maturazione o facilitare la raccolta meccanica delle olive.

Conferme di quanto la concimazione fogliare influisca positivamente sulla produzione diminuendo la percentuale di cascola e aumentando il tenore di olio delle olive derivano dalle applicazioni di fosfato biammonio (0,3%), urea (1,65%), e solfato di potassio (1%) (Frega et al., 1995).

Concimazioni fogliari di boro facilitano il trasporto floematico dei principali elementi nutritivi e pertanto consentono di regolare l'equilibrio tra organi e riserve nutritive. Positiva è

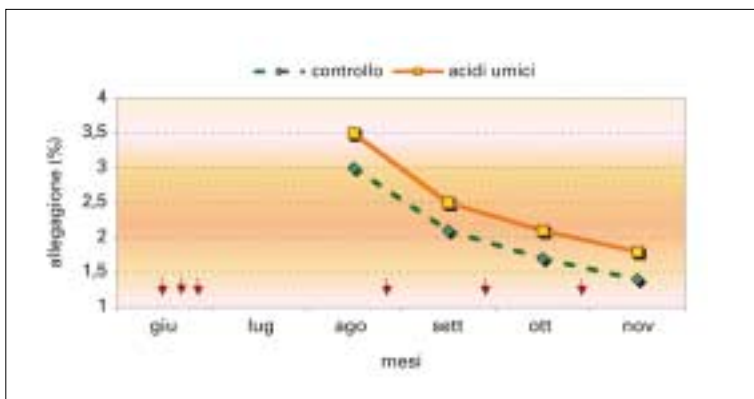


Fig. 4 - Allegagione in olivi trattati con acidi umici per via fogliare (Zucconi et al., 1996)

anche l'azione di questo elemento sulla formazione e sulla vitalità degli organi fiorali (Brown, 2001). I trattamenti con boro sono da effettuare alla fine di aprile con dosi da 100 a 150 grammi per hl di acqua; vanno ripetuti a distanza di 15-20 giorni dalla mignolatura e sospesi nel periodo della fioritura. Ad allegagione avvenuta è importante intervenire con un ulteriore trattamento che, per comodità, può essere associato agli interventi per la difesa della coltura (Cimato et al., 2002).

Il magnesio viene applicato sotto forma di solfato (7-10 kg/ha) o di nitrato (4,5-6 kg/ha) in caso di carenza evidenziata da sintomi sulle foglie (foglie clorotiche), dai risultati della diagnostica fogliare, oppure nel caso in cui si verifichi una drastica riduzione dell'attività vegetativa seguita da fenomeni di filloptosi.

La concimazione fogliare si basa prevalentemente sull'apporto di concimi minerali; tuttavia, negli ultimi anni, è aumentato l'uso di formulati organici a base di acidi umici, quali estratti umici, alghe, leonardite ecc., che stimolano la fotosintesi (Neri et al., 2001) e, indirettamente, favoriscono la capacità di assorbimento degli elementi minerali dal substrato. L'azione stimolante di queste molecole si evidenzia a concentrazioni molto basse, ma con trattamenti ripetuti. Nell'olivo, applicazioni settimanali nel periodo della fioritura possono favorire l'allegagione, incrementandola anche del 50% (fig. 4). L'azione positiva dei trattamenti, ripetuti mensilmente fino a un mese prima della raccolta, può far diminuire la cascola estivo-autunnale dei frutti, determinando un

incremento produttivo pari al 30% (Zucconi *et al.*, 1996). L'effetto positivo dell'uso di questi composti incide anche sulla qualità dei frutti determinando un aumento del contenuto di olio.

Questa nuova tipologia di fertilizzanti non è esente da alcune problematiche tra cui: basse percentuali di penetrazione, dilavamento da pioggia, rapida essiccazione delle soluzioni applicate, limitata traslocazione di alcuni elementi nutritivi, ad esempio il calcio, dai siti di assorbimento (principalmente le foglie mature) alle altre parti della pianta.

In generale l'efficienza dei concimi fogliari varia in relazione anche alla presenza o meno di additivi aggiunti quali agenti bagnanti, adesivanti, zuccheri, trasportatori, ormoni e regolatori di crescita. Nella concimazione fogliare, così come negli altri interventi di nutrizione, è comunque evidente la necessità di individuare, per ciascun elemento, la concentrazione e il numero di applicazioni ottimali, in funzione dell'obiettivo che si vuole raggiungere.

3.2. *La concimazione dell'oliveto*

La concimazione dell'oliveto può essere schematizzata in tre momenti diversi della vita delle piante: quando precede la messa a dimora degli olivi appena ritirati dal vivaio (concimazione di fondo o d'impianto); durante i primi tre-quattro anni d'impianto, periodo che gli alberi dedicano alla crescita e alla formazione della chioma (concimazione di allevamento) e, finalmente, quando l'impianto inizia, prima con produzioni annualmente crescenti e successivamente con produzioni costanti, la fase che si può considerare "a regime" (concimazione di produzione).

Di seguito, questa forma schematica della concimazione dell'oliveto sarà mantenuta solo per rendere più efficaci le informazioni. Così spetterà al tecnico, caso per caso, anno per anno, valutare il contributo riportato e, decidere le scelte operative da predisporre.

3.2.1. *Concimazione di impianto (o di fondo)*

La concimazione di fondo ha lo scopo di rendere disponibile una riserva di elementi fertilizzanti per il futuro apparato radicale dell'olivo.

La somministrazione del concime (40-50 tonnellate per ettaro di letame o altro composto organico) si effettua nel periodo primaverile e su terreno sodo; successivamente, il materiale

apportato sarà interrato o con aratura profonda (scasso) o con lavorazioni più superficiali seguite da rippature.

Il letame maturo (ovino o bovino) rappresenta ancora, la miglior riserva di nutrienti per la coltura e il miglior concime a lenta cessione (*Par. 3.1.1, p. 107*). In sostituzione si possono utilizzare altri prodotti organici (es. pollina, compost, farine ecc.) con l'avvertenza di integrarli con apporti di materiali poveri di azoto o, in modo più efficace, con il sovescio (interramento in aprile-maggio) di leguminose o di altre specie erbacee.

Da qualche anno, in olivicoltura è consentito utilizzare anche i sottoprodotti della lavorazione delle olive nel frantoio.

Considerate le oggettive difficoltà di alcuni ioni (fosforici e potassici) di raggiungere gli strati più profondi del terreno (*Arambarri et al., 1974*), è raccomandabile, in questa fase, integrare alla concimazione organica fertilizzanti in grado di fornire, nel tempo, nutrienti fosfatici e potassici, in dosi limitate e localizzate (*Celano et al., 1999*). In genere con il potassio è consigliabile distribuire magnesio in rapporto K/Mg = 3/1.

3.2.2. Concimazione di allevamento

L'intervento, programmabile nei primi tre-quattro anni dopo l'impianto, mira essenzialmente ad accelerare la formazione dell'apparato radicale del giovane olivo assecondandone l'elevata crescita. Le dosi di fertilizzante devono essere correlate all'età della pianta, alla dimensione che negli anni essa raggiunge e, ovviamente, debbono tenere conto del progressivo sviluppo sotterraneo della radice (maggiore in terreni di medio impasto e limitato in terreni pesanti-argillosi) quindi, sono da evitare i tentativi di fornire, ai giovani olivi, dosi eccessive e/o non raggiungibili dalle radici. Una concimazione adeguata e correttamente bilanciata, infatti, riduce la fase giovanile e non produttiva dell'olivo.

Nell'olivo la richiesta di azoto è predominante e ciò vale soprattutto per le piante giovani. La richiesta di fosforo e potassio è, invece, minima nei primi quattro anni dopo la piantagione e può essere naturalmente fornita dal suolo (*Xiloyannis et al., 2002*).

Nei primi tre anni sono sufficienti 100-200 g di azoto per pianta e per anno, frazionate in due somministrazioni a partire dalla ripresa vegetativa e fino al termine del periodo primaverile. Per i formulati le scelte ricadono su urea, nitrato di calcio, nitrato potassico.



Fase di allevamento delle piante di olivo con impianto di fertirrigazione

3.2.3. Concimazione di produzione

L'intervento al terreno coincide con il momento in cui la pianta ha completato la prima fase di sviluppo vegetativo e inizia a fruttificare in modo significativo.

Per quanto riguarda la concimazione azotata, questa somministrazione può essere frazionata in due momenti dell'anno: due terzi, poco prima della ripresa vegetativa (febbraio-marzo) e, la parte restante, prima della fioritura (maggio-giugno).

Nel caso in cui la mignolatura risultasse scarsa, è buona norma evitare la seconda somministrazione per non favorire eccessivamente lo sviluppo vegetativo dell'albero con formazione di rami sterili al pedale (polloni) o sulle branche (succhioni).

La proposta di dividere la somministrazione dei concimi azotati in due periodi, è valida negli impianti dov'è previsto un soccorso irriguo (per la Toscana generalmente queste realtà sono la minoranza). Per le altre situazioni è preferibile somministrare i concimi azotati nel periodo in cui si prevede una buona piovosità (fine inverno-inizio primavera).

Definire le quantità di concimazione da somministrare nella fase in cui l'impianto è in piena produzione è alquanto difficile. In primo luogo, perché si dovrebbe indicizzare o mediare una situa-

zione olivicola che per definizione in Toscana è molto eterogenea; secondariamente, perché si deve tener conto delle diverse climatologie che incidono su questo territorio (piogge e temperature minime e massime) e sulla risposta agronomica dei fertilizzanti; infine, perché l'apporto annuale dei concimi non sarà mai "fisso", ma dovrà anche seguire il trend produttivo dell'impianto (annate di carica e scarica, produttività media annuale ecc.). Tuttavia, si proverà a fornire indicazioni generiche "di merito", partendo da esperienze e/o da quanto la letteratura stessa riporta.

Va detto che la concimazione azotata di produzione varia da 250 a 300 g per olivo in impianti adulti, tradizionali e con sesti ampi (200-250 piante ad ettaro); mentre, qualora si trattasse di oliveti giovani e "moderni", razionali e produttivi (per la Toscana 4-5 tonnellate di frutti ad ettaro sono da considerarsi produzioni elevate), la dose proposta può raggiungere 400-500 g di azoto a pianta.

Per fosforo e potassio, trattandosi di elementi fissati dal terreno, è evidente che la valutazione dovrà considerare che i loro effetti fertilizzanti saranno tanto maggiori quanto più questi nutrienti saranno somministrati e incorporati (lavorazione profonda 20-30 cm) in un terreno ricco di sostanza organica. Pertanto, anche se nella consuetudine la concimazione fosfo-potassica è ancora affidata, essenzialmente, agli apporti somministrati prima dello scasso del terreno, è buona norma, ad anni alterni oppure ogni due-tre anni, provvedere a introdurre fosforo e potassio attraverso concimi complessi.

Nella formulazione 0,4-0,5 t/ha di concime ternario (NPK-8:24:24) si potrebbe integrare azoto ureico (0,25 t/ha). Il primo da somministrare e interrare dopo la raccolta delle olive (inverno); il secondo (urea) in pre-mignolatura. Ovviamente, la scelta del complesso (8:24:24; 15:18:12 ecc.) e della forma azotata (nitrato di ammonio, nitrato potassico ecc.) sono, in ogni caso, decisioni che nascono da esperienze dirette.

È stato dimostrato che fenomeni di carenza da microelementi quali il boro annullano l'effetto di una concimazione azoto potassica anche abbondante (Klein & Lavee, 1974). In tal caso è possibile intervenire con somministrazioni di borato sodico (200-300 g/pianta) da eseguirsi verso la fine dell'inverno (Delgado et al., 1994) interrando il concime sottochioma a 10-15 cm di profondità, oppure per via fogliare.

Il magnesio è, generalmente, somministrato alla pianta per

via fogliare come solfato di magnesio. Infine, la scarsità di ferro, tipica dei terreni molto calcarei (questa situazione è frequente nelle zone olivicole a nord dell'Andalusia), si può correggere mediante l'uso di chelati o d'iniezioni di solfato di ferro direttamente sul tronco (*Fernandez Escobar et al., 1993*).

Prima di concludere occorre segnalare che, in merito alle fertilizzazione minerale, la Regione Toscana ha fissato, nel *Piano di Sviluppo Rurale 2000-2006*, i quantitativi massimi di elementi fertilizzanti da apportare annualmente al terreno. Per la concimazione azotata, sono ammessi 0,5 kg per pianta di azoto, fino a un massimo di 100 kg/ha; per quella fosfo-potassica (P_2O_5 e K_2O), le dosi annuali sono di 50 kg/ha o 250 kg/ha per cinque anni.

I concimi organici possono essere distribuiti da soli o come integrazione di concimi di sintesi; in entrambi i casi devono essere rispettate le dosi massime consentite per l'azoto.

Note

¹ Vegetazione di piante erbacee, spontanee o seminate, che coprono le zone di terreno *inter* e tra i filari dei fruttiferi.

² Polimeri associati a una piccola quantità di proteina che svolgono la funzione di "cemento" per le microfibrille che conferiscono robustezza e rigidità alla parete cellulare.

³ Abscissione delle foglie.

⁴ Acidi umici e fulvici: composti organici di origine naturale presenti nel terreno e in altri materiali organici. Sono frutto di una lenta trasformazione della materia organica ed hanno importanti funzioni agronomiche.

⁵ Sostanza che modifica le caratteristiche chimiche, fisiche, biologiche e meccaniche di un terreno, migliorandone l'abitabilità per le specie coltivate.

⁶ Passaggio da composto solubile a composto insolubile.

⁷ Pratica agronomica che consiste nella coltivazione di specie erbacee le quali, una volta raggiunto un determinato sviluppo vegetativo, sono interrate con lo scopo di apportare sostanze organiche al terreno.

⁸ Centro metabolico a elevata attività riproduttiva (gemme, fiori, frutti appena formati ecc.).

⁹ Molecola di natura diversa, facilmente assorbibile dalla pianta e in grado di trasportare all'interno uno o più elementi.

Bibliografia

- ARAMBARRI P., MADRID L. (1974) – An. Edaf. Y Agrob., 33: 467-476.
- BARGIONI G. (1992) – *Manuale per l'olivicoltura*. Ed. Centro IIRIPA, Federazione Provinciale Coltivatori Diretti, Verona, pp. 1-84.
- BROWN P.H., (2001) – *Atti International Symposium on foliar nutrition of perennial fruit plants*. [Merano, 11-15 settembre].
- CELANO G., DICHIO B., MONTANARO G., NUZZO V., PALESE A.M., XILOYANNIS C. (1999) – *Acta Horticulturae*, 474: 381-384.
- CHATJIPAVLIDIS I., ANTONAKOU M., DEMOU D., FLOURI F., BALIS C. (1997) – *Int. Biodeter. & Biodeg.*, pp. 183-187.
- CIANCABILLA F., BONOLI A., GOLDONI S. (2002) – DICMA, Università di Bologna.
- CIFERRI R., RUI D., SCARAMUZZI G., CANDUSSIO R. (1956) – *Parte II. Annali Sperimentazione Agraria*, 10: 25-59.
- CIMATO A., MARRANCI M., MARZI L., SANI G. (1993) – *Atti del convegno "Tecniche, Norme e Qualità in Olivicoltura"*, [Potenza, 15-17 dicembre].
- CIMATO A. (1993) – *Progetto IVOT*, Tip. Latini, Firenze, pp. 21-32.
- CIMATO A. (1998) – In: *International Course on Olive Growing*, COI, CNR, ARSIA, Regione Toscana, [Scandicci, 6-11 maggio], pp. 295-302.
- CIMATO A., BALDINI A., MORETTI R. (1997) – *Cultivar, ambiente e tecniche agronomiche*. (I ediz.), ARSIA-Regione Toscana, CNR.
- CIMATO A., BALDINI A., MORETTI R. (2001) – *Cultivar, ambiente e tecniche agronomiche*. (II ediz.), ARSIA-Regione Toscana, CNR.
- CIMATO A., FIORINO P. (1985) – *Riv. Ortoflorofrutt. It.*, 6: 413-424.
- CIMATO A., LAPUCCI C., SANI G., CORTEZ EBNER S. (2002) – *Frutticoltura*, 10: 57-61.
- CIMATO A., MARRANCI M., TATTINI M. (1989) – *Acta Horticulturae*, 286: 175-178.
- CIMATO A., MARRANCI M., TATTINI M., SANI G. (1991) – *L'Informatore Agrario*, 14: 71-73.
- CIMATO A., MODI G., MATTEI A., ALESSANDRI S. (1995) – *Atti del convegno "L'olivicoltura mediterranea"*, [Rende (CS), 26-28 gennaio], pp. 629-638.
- CIMATO A., SANI G., MARZI L., MARRANCI M. (1994) – *Olivae*, 54: 48-55.
- COI (1996) – *Enciclopedia Mondiale dell'olivo*. Mundi-Prensa, pp. 1-480.
- COOK M.J., EVANS L.T. (1978) – *Aust. J. Plant Physiol.*, 5: 495-507.
- CORDEIRO A.M., ALCANTARA E., BARRANCO D. (1995) – *Soils and Plants*, 197-200.
- DELGADO A., BENLLOCH M., FERNÁNDEZ-ESCOBAR R. (1994) – *HortScience*, 29 (6), 616-618.
- FAILLA O., SCIENZA A., STRINGARI G., PORRO D., TARDUCCI S., BAZZANTI N., TOMA M. (1997) – *L'Informatore Agrario*, 39: 63-71.
- FAUST M. (1979a) – *Ann. Rev. Plant Physiology*, 23: 11-18.
- FAUST M. (1979b) – *HortScience*, 14, 3: 321-325.
- FAUST M. (1980) – *Frutticoltura*, 5: 61-65.
- FERNANDEZ ESCOBAR R., BARRANCO D., BENLLOCH M. (1993) – *HortScience*, 28: 192-194.
- FERREIRA J., GARCIA ORTIZ A., FRIAS L., FERNANDEZ A. (1984) – *X Aniv. Red. Coop. Europea de Investigación en Oleicultura*, Córdoba, 23.

- FIORINO P., PETRUCCIOLI G., PARLATI M.V. (1973) – *Influenza di concimazioni con un ternario sulla produttività e riflessi sulla diagnostica fogliare. Indagine di un quinquennio*. Annali Ist. Sperimentale Olivicoltura, Cosenza, 1: 71-85.
- FIUME F., LOMBARDO N., SETTINERI D. (1975) – II Sem. Oleic. Int., Cordoba.
- FREGA N., GARZI R., MANCUSO S., RINALDELLI E. (1995) – Adv. Hort. Sci, 9: 148-152.
- GARCIA C.N. (1995) – *Agricultura*, Revista Agropecuaria, suplemento Mayo, pp. 43-44.
- GARCIA-ORTIZ RODRIGUEZ A., FRIAS RUIZ L. (1995) - Comunicación Junta de Andalucía, 17-95.
- GIULIVO C., RAMINA A. (1975) – Riv. Ortoflorofruitt. It., 4: 273-280.
- GONZALES F., CATALINA L., SARMIENTO R. (1976) – IV Coll. Int. CNRS, Gent: 409-426.
- GONZALES GARCIA D. (1983) – *L'importance du potassium dans les facteurs physiologiques qui influent sur la fructification de l'olive*. Revue Potasse, 11: 1-6.
- GUERRERO GARCIA A., CRUZ SANCHES DE PUERTA A. (1975) – II Sem. Oleic. Int., Cordoba.
- GUET G. (1997) – *Agricultura biologica mediterranea*, Edagricole, Bologna.
- HARTMANN H.T. (1958) – *Some responses of the olive to nitrogen fertilizers*. Proc. Am. Soc. Hort. Sci., 72: 257-266.
- HARTMANN H.T., URIU K., LILLELAND O. (1966) – *Olive nutrition. Fruit nutrition*, Childers, N. Brunswick, pp. 252-261.
- IANNOTTA N., MONARDO D., PERRI L. (2000) – Atti V Giornate scientifiche SOI [Sirmione, 28-30 marzo 2000], pp. 565-566.
- INGLESE P., GULLO G. (2000) – Atti V Giornate scientifiche SOI [Sirmione, 28-30 marzo 2000].
- KLEIN I., LAVEE S. (1974) – *The effect of nitrogen and potassium fertilizers on olive production*. Proc. XIII Coll. Int. Potash Inst., York, pp. 65-69.
- KLEIN I., WEINBAUM S.A. (1984) – J. Amer. Soc. Hort. Sci., 109: 356-360.
- KLEIN I., WEINBAUM S.A. (1985) – J. Plant Nut., 8: 117-129.
- MARANGONI B., SCUDELLARI D., TAVAGLINI M. (1991) – Frutticoltura, 7-8: 65-69.
- MARANGONI B., TITTARELLI F., TOSELLI M. (1999) – L'Informatore Agrario, 46: 59-63.
- MARZI L. (1998) – In: *International Course on Olive Growing*, COI, CNR, ARSIA, Regione Toscana, [Scandicci, 6-11 maggio], pp. 198-205.
- NERI D., LODOLINI E.M., MUTHUKELIAN K., BONANOMI G., ZUCCONI F. (2001) – *International Symposium on foliar nutrition of perennial fruit plants*. [Merano, 11-15 settembre 2001].
- ORTEGA NIETO J.M. (1964) – III Simp. Int. Agrochimica, Sevilla.
- PALESE A.M., CELANO G., DICHIO B., NUZZO V., XILOYANNIS C. (1997) – L'Informatore Agrario, 44: 35-40.
- PAZ SUAREZ M., FERNÁNDEZ-ESCOBAR R., RALLO L. (1984) – Acta Horticulturae, 149: 131-143.
- PERIKA S., ANDRROULAKIS I.I., LOUPAKKAKI M.H. (1994) – Acta Horticulturae, 356: 221-224.
- RALLO L., FERNANDEZ-ESCOBAR R. (1985) – J. Amer. Soc. Hort. Sci., 110: 303-308.
- RECALE L., CHAVES M. (1975) – Seminario Olivícola Internacional, Córdoba, pp. 51-70.

- SANCHEZ RAYA A.J., DONAIRE J.P., MARTIN E., RECALDE L. (1975) – An. Edafologia Agrob., 34: 98-104.
- SEQUI P. (1986) – *La fertilizzazione delle piante da frutto*, Verona, pp. 111-118.
- TAN M. (1997) – *Olivae*, 68: 32-36.
- TOMA M. (1999) – *Dieci anni di sperimentazione olivicola in Toscana*. ARSIA-Regione Toscana, pp. 1-167.
- TOMBESI A., CARTECHINI A., PREZIOSI P. (1980) – Ann. Fac. Agraria, Perugia, 34: 315-327.
- TOMBESI A. (2000) – *Lettura Accademia Nazionale dell'Olivo*, Spoleto.
- TRONCOSO A. (1998) – In: *International Course on Olive Growing*, COI, CNR, ARSIA, Regione Toscana, [Scandicci, 6-11 maggio], pp. 185-196.
- WEAVER R.J., JOHNSON J.O. (1985) – III Ed. *Encyclopedia of Plant Physiology*, vol. 11 Springer-Verlag, Berlin-Heidelberg.
- XILOYANNIS C., CELANO G., PALESE A.M., DICHIO B., NUZZO V. (2002) – Acta Horticulturae, 586: 453-456.
- ZUCCONI F., NERI D., SABBATINI P. (1996) – Corso internazionale “Gestione dell’acqua e del territorio per un’olivicoltura sostenibile”.

IV. Fertilizzazione e produzione



Esaminato il rapporto che lega la fertilizzazione all'efficienza produttiva dell'olivo, in questo capitolo conclusivo sono introdotti due argomenti di particolare attualità: il primo, riguarda la maggiore attenzione del mondo agricolo verso l'agroecosistema¹ e, di conseguenza, le nuove proposte per realizzare una "olivicoltura biologica"; il secondo, valuta le relazioni che intercorrono tra fertilizzazione all'impianto e caratteristiche qualitative dell'olio prodotto.

1. Agricoltura biologica e olivicoltura

Con il termine di agricoltura biologica si indicano metodi colturali di produzione che tentano di escludere l'uso di prodotti chimici di sintesi (concimi, insetticidi, fungicidi, diserbanti ecc.) e di sfruttare, per esaltare la produttività del terreno e la resistenza delle colture alle avversità, le interazioni naturali fra gli organismi viventi nel suolo, le risorse ambientali e le tecniche agronomiche.

Il Regolamento CEE n. 2092/91 ha introdotto norme dettagliate per la produzione, trasformazione ed etichettatura dei prodotti vegetali biologici ed ha stabilito, a garanzia dei consumatori, un regime di controllo a cui si devono obbligatoriamente assoggettare tutti gli operatori della filiera (produttori, trasformatori, rivenditori).

Le norme di produzione biologica olivicola prevedono che la fertilità e l'attività biologica del suolo possano essere conservate e aumentate con:

- l'inerbimento (naturale o artificiale);
- la coltivazione di leguminose e di altre colture da sovescio;
- l'incorporazione nel terreno di materiale organico aziendale (residui colturali, letame, *compost*).

Per garantire alle colture un'adeguata produzione, questo metodo colturale ammette la possibilità di utilizzare altri fertilizzanti.

1.1. Gestione del suolo nell'olivicoltura biologica

Obiettivo prioritario delle aziende olivicole a produzione "biologica" è di migliorare le caratteristiche fisico-chimiche e microbiologiche del suolo utilizzando, in modo sinergico, i fattori agronomici ed evitando apporti di concimi chimici di sintesi che possono alterare l'equilibrio degli organismi presenti nel terreno.

Per assicurare alla coltura la presenza degli elementi nutritivi necessari al metabolismo della pianta, la fertilità naturale e l'attività biologica del suolo sono conservate e ampliate attraverso sistemi colturali sostenibili che associano alle lavorazioni, superficiali e ridotte nel numero per non essere aggressive per l'ambiente, tecniche di fertilizzazione con l'apporto di materiale organico di origine vegetale o animale (sovesci, *compost*, letamazioni, coperture vegetali, pacciamature²).

Le lavorazioni superficiali sono eseguite utilizzando mezzi e modalità che limitano gli effetti degradativi alla struttura del terreno e riducono fenomeni indesiderati di erosione. Sono quindi escluse le lavorazioni che possono provocare il trasporto in superficie di parte degli orizzonti più poveri e rallentare i processi naturali di umificazione. Negli ambienti caratterizzati da clima caldo-arido, quindi con precipitazioni insufficienti e mal distribuite, si adottano tecniche riconducibili all'aridocoltura³; l'obiettivo è quello di immagazzinare la limitata pioggia sfruttando, al meglio, la poca acqua disponibile ed evitando o riducendo le perdite per evaporazione. Nel corso del ciclo colturale saranno eseguiti interventi di ripuntatura (autunno-vernina), per favorire l'infiltrazione dell'acqua piovana, e lavorazioni superficiali (primaverili-estive) per contenere lo sviluppo delle infestanti e ridurre l'entità dei fenomeni di evapotraspirazione⁴.

Oliveto tradizionale
inerbito



L'apporto di materiale organico e l'inerbimento sono complementari alla gestione del suolo e rappresentano mezzi "naturali" più adeguati per incrementare la fertilità dell'impianto biologico.

1.2. Inerbimento e fertilizzazione dell'oliveto biologico

L'inerbimento è un modello di tecnica colturale efficace per migliorare le caratteristiche fisico-chimiche e microbiologiche del suolo e per incrementare la presenza di sostanza organica; nel tempo, tale scelta agronomica contribuisce a fertilizzare anche gli strati più profondi.

L'inerbimento dell'oliveto può essere "naturale", quando si permette la crescita alla flora spontanea, o "artificiale", nel caso in cui la formazione del cotico erboso si realizza attraverso la semina di specifici miscugli. Inoltre, tale tecnica colturale può prevedere la permanenza "temporanea" delle erbe nel campo (sovescio) oppure una copertura vegetale "permanente" (per più anni).

L'inerbimento naturale copre il terreno in maniera non omogenea e prevede sfalci periodici; ma non sempre fornisce i vantaggi attesi dall'agricoltore poiché spesso insorgono fenomeni indesiderati quali, ad esempio, gli elevati consumi idrici per l'eccessivo sviluppo delle erbe.

L'inerbimento artificiale si realizza seminando specie erbacee

specifiche. Tale scelta consente una più tempestiva e omogenea copertura del terreno ma, nello stesso tempo, richiede competenze nella scelta delle essenze da seminare e tempestività nelle operazioni colturali. Le essenze devono garantire una rapida copertura del suolo, essere competitive verso le infestanti, ma non verso la coltura principale, possedere una buona resistenza al calpestamento ed essere longeve. Generalmente, nelle semine sono utilizzati miscugli costituiti da 4-5 specie con caratteristiche complementari (graminacee e basse percentuali di leguminose). Le graminacee apportano molta sostanza secca, garantiscono, in breve tempo, una copertura ottimale del suolo ed hanno, generalmente, un apparato radicale fascicolato che svolge un ruolo importante nel migliorare la struttura del terreno; le leguminose, grazie alla loro capacità di fissare l'azoto atmosferico, hanno invece il compito di arricchire il suolo di questo nutriente.

È preferibile effettuare la semina del miscuglio in autunno e ciò per evitare la competizione con le erbe infestanti annuali particolarmente rigogliose nel periodo primaverile. In situazioni ambientali molto favorevoli, la semina può essere spostata tra febbraio e la metà di aprile. In genere, per mantenere un buon inerbimento sul campo, l'erba è sfalciata 3-4 volte l'anno; tale scelta favorisce la produzione di una copertura abbondante del suolo e consente un miglior rendimento in *humus* stabile.

Per tentare di ridurre alcuni inconvenienti (spinta competizione idrica e nutrizionale tra le piante) o per inserire nel programma aziendale l'inerbimento in maniera graduale (impianti già in produzione, aree con ridotta disponibilità idrica ecc.) si può ricorrere all'inerbimento artificiale permanente a file alternate tra gli olivi oppure all'inerbimento temporaneo (sovescio).

Nel primo caso, lavorazioni superficiali e continue o pacciamature dovranno provvedere a mantenere pulita la zona dell'interfilare non inerbita. Con il sovescio, invece, la copertura vegetale dell'oliveto è mantenuta solo per alcuni periodi dell'anno. Tale tecnica prevede lo sfalcio delle essenze erbacee che, una volta trinciate ed essiccate, sono tempestivamente incorporate negli strati più superficiali del terreno (5-10 cm).

Le colture da sovescio sono seminate nel periodo autunno-vernino; pertanto sono da preferire essenze con specifiche caratteristiche quali: buona resistenza al freddo e con elevate caratteristiche di rusticità, facile insediamento, elevata crescita autunnale e breve ciclo vegetativo. Tra le leguminose, le specie più

Tab. 1 - Biomassa di alcune colture erbacee da sovescio e relativi apporti di azoto al terreno

<i>Colture da sovescio</i>	<i>Biomassa verde (t/ha)</i>	<i>Azoto (kg/ha)</i>
Favino	3-9	90-240
Veccia	10,2	90-111
Pisello	6	174-219
Trifoglio alessandrino	0,5-5	56-156
Trifoglio incarnato	3-7	64
Erba medica	10	78-222
Lupino	2,36	94

Fonte: sito Internet del MiPAF www.sinab.it/

Tab. 2 - Quantitativo medio annuo (kg/ha/anno) dei principali elementi minerali contenuti nella biomassa prodotta con inerbimento e sovescio

	<i>N</i>	<i>P</i>	<i>K</i>	<i>Ca</i>	<i>Mg</i>	<i>Fe</i>	<i>Mn</i>	<i>Zn</i>	<i>Cu</i>	<i>B</i>
Inerbimento	110,60	15,10	126,30	56,90	13,10	8,70	0,50	0,20	0,20	0,10
Sovescio	74,60	12,90	113,30	59,70	12,00	9,10	0,50	0,20	0,10	0,10

Fonte: sito Internet: www.agrimodena.it/

indicate per i sovesci nell'oliveto sono: lupino, favino, veccia e trifoglio, da soli o in miscuglio con senape, avena e orzo (*tab. 1*). La pratica del sovescio apporta anche vantaggi indiretti poiché è in grado di migliorare la struttura del terreno e la disponibilità dei nutrienti resi, nel tempo, assimilabili dalla stessa coltura erbacea. L'apporto di sostanza organica con un sovescio può raggiungere valori di 4,0-7,0 tonnellate ad ettaro.

Il sovescio può essere anche ottenuto lasciando crescere le erbacee spontanee o seminando specie in purezza o consociate.

Per poter mantenere una elevata fertilità del suolo e ottenere buoni risultati produttivi, le lavorazioni del terreno devono essere associate ad adeguati apporti di sostanza organica; anche se in termini meno esasperati che negli altri modelli agricoli, nel sistema biologico la massima produzione ottenibile resta, infatti, un obiettivo da raggiungere.

I fabbisogni nutritivi della coltura sono garantiti, in parte dall'inerbimento e dal sovescio (*tab. 2*) e, in parte, dalla somministrazione di concimi organici.

Tab. 3 - Principali caratteristiche dei fertilizzanti (valori in %) ammessi in agricoltura biologica

<i>Prodotto</i>	<i>N tot.</i>	<i>N org.</i>	<i>P₂O₅</i>	<i>K₂O</i>	<i>C org.</i>	<i>S.O.</i>	<i>C/N</i>
Borlanda essiccata		3		6	20		
Borlanda fluida		1,5		4	10		
Pannelli di semi oleosi	3						
Residui di fungaie					25-30		25-50
Rifiuti domestici trasformati in compost						20	30
Farina di sangue		9					
Cornunghia naturale		9					
Cornunghia torrefatta		9					
Farina d'ossa	2		18				
Farina d'ossa degelatinata	1		15				
Ruffetto d'ossa	3		12				
Farina di pesce	5		3				
Farina di carne (carniccio)		4					
Residui di macellazione idrolizzati		3	2		10		
Ammendante animale idrolizzato		1				40	
Pennone		10					
Cascami di lana		8					
Pelli e crini		5					
Cuoio torrefatto		8					
Cuoio e pelli idrolizzati		10					4
Letame					30		50
Letame essiccato	3	2			25		
Pollina essiccata	2		2				
Letame suino essiccato	2,5		2		30		12
Vermicompost, delezioni di insetti		1,5				40	20
Guano	3		3				
Scorie di defosforazione			12				
Fosfato naturale tenero			25				
Fosfato naturale calcico			30				
Sale grezzo di potassio				18			
Solfato di potassio contenente sale di Mg				22			
Kieserite con solfato di potassio				6			

Fonte: Gazzetta Ufficiale 3/11/1999, tratta dal sito Internet del MIPAF www.sinab.it.

La scelta e l'utilizzo dei composti organici dipendono dalla funzione che dovranno svolgere una volta che sono stati apportati al terreno. Se l'obiettivo è di migliorare le caratteristiche fisico-meccaniche del suolo, l'intervento di fertilizzazione potrà essere realizzato con ammendante e concretizzato con l'apporto di quantità adeguate di materiale organico. Quando, al contrario, si vogliono sfruttare le proprietà nutritive della sostanza organica, l'intervento dovrà essere di natura concimante ed effettuato con fertilizzanti organici ad elevata concentrazione di elementi nutritivi. Diversa ancora è la scelta quando l'obiettivo della fertilizzazione è di ottenere il massimo rendimento da quelle che sono le proprietà fisiologiche intrinseche della sostanza organica. In questo caso, la concimazione all'oliveto dovrà essere realizzata in momenti ben definiti della stagione o delle fasi fenologiche della pianta e con apporti limitati nelle quantità ma a strette frequenze nel tempo.

Il Regolamento Comunitario 2092/91 consente l'uso, in agricoltura biologica, solo di quei fertilizzanti riportati in uno specifico elenco ma il cui impiego deve essere autorizzato da ciascun Stato membro.

La Direzione Generale delle Politiche agricole e agro-industriali del MiPAF (Ministero delle Politiche agricole e forestali), per recepire il regolamento comunitario, ha emesso, in data 13 settembre 1999, la Circolare n. 8 (Gazzetta Ufficiale del 3 novembre 1999) che fornisce l'elenco dei fertilizzanti (*tab. 3*) e dei correttivi (*tab. 4*) ammessi in agricoltura biologica, corredati dalle norme di conformità obbligatorie che devono essere riportate sulle confezioni.

Nell'etichettatura le indicazioni debbono riportare la composizione, le matrici organiche e minerali utilizzate per il formulato, la dimensione della confezione e la seguente dicitura: "Consentito in Agricoltura Biologica ai sensi della Circolare MiPAF n. 8 del 13 settembre 1999".

Fra i fertilizzanti organici quello più utilizzato, perché completo, è il letame che, com'è noto, oltre all'apporto nutrizionale, svolge azione ammendante e correttiva sulle caratteristiche del suolo. La legge prevede (art. 6, par. 4 del Reg. CE 2328/91 e successiva modifica 3669/93) che il letame debba provenire unicamente da allevamenti estensivi.

In fase di impianto dell'oliveto, il letame può essere distribuito su tutta la superficie e interrato in profondità (40-50 cm).

Tab. 4 - Caratteristiche di correttivi e di altri concimi (valori in %) ammessi in agricoltura biologica

<i>Prodotto</i>	<i>MgO</i>	<i>Cl</i>	<i>CaO</i>	<i>SO₃</i>	<i>CaO+MgO</i>
Correttivo calcareo			35		
Marna			25		
Sospensione di calcare			20		
Correttivo calcico solfo-magnesiaco	8		30	12	
Correttivo calcareo-magnesiaco	8				35
Dolomite	17				40
Solfato di magnesio	15			28	
Kieserite	24			45	
Solfato di magnesio per uso agricolo	15			30	
Soluzione di cloruro di calcio			12		
Solfato di calcio (gesso)			25	35	
Calce di defecazione			20		
Sale grezzo di potassio	5				
Solfato di K contenente sale di Mg	8	3			
Kieserite con solfato di potassio	8	3			

Fonte: sito Internet del MiPAF www.sinab.it.

Se il letame non è stabilizzato, l'interramento deve essere preceduto da una fresatura nei primi 5-8 centimetri di terreno.

Nella concimazione di produzione, la somministrazione del letame può essere limitata all'interfilare. È preferibile eseguire questa operazione dopo la raccolta delle olive, quando il terreno è in tempera così da favorire la degradazione della materia organica. Nella programmazione della concimazione organica annuale, infatti, occorre prevedere anche i tempi necessari alla mineralizzazione che mediamente sono calcolabili in alcuni mesi. Seguendo la successione della richiesta dell'olivo per i nutrienti azotati, periodo che coincide con l'inizio dello sviluppo vegetativo e dell'apertura delle mignole, il letame deve essere distribuito nei mesi invernali (dicembre-gennaio), per evitare perdite per dilavamento. Viceversa, se invece il letame è già un compost, risulta più conveniente distribuirlo nel mese di marzo. Subito dopo lo spargimento è conveniente fare seguire un intervento di erpicatura per favorire la mineralizzazione della sostanza organica.

In commercio esiste un'ampia disponibilità di materiale or-

ganico, che se è arricchito è in grado di sostituire il letame. La pollina, da sola o lavorata (in compost, essiccata e pellettata), è un buon fertilizzante, considerato che, per ogni tonnellata di prodotto, sono apportati 15 kg di azoto, 15 di fosforo e 10 di potassio e che la sua distribuzione è piuttosto semplice anche negli oliveti impervi.

Si possono impiegare come fertilizzanti anche la sansa vergine e le acque di vegetazione (l'utilizzazione è concessa solo nel rispetto della legislazione: Legge 574/1996) dal momento che tra gli obiettivi dell'olivicoltura biologica è indicato il riutilizzo del materiale organico prodotto dall'azienda per valorizzare le risorse interne.

Prima di concludere questo argomento occorre informare che nell'olivicoltura biologica sono utilizzabili anche particolari

Concime a base di microelementi - Borato di sodio		
Composizione	Boro (B) solubile in acqua	21%
Componenti	Ottoborato di sodio tetraidrato	
Formulazione	Microprills	
Confezione	5 kg	

a)

Concime organico azotato fluido Epitelio animale idrolizzato fluido con microelementi		
Composizione	Azoto (N) totale	8%
di cui:	Azoto (N) organico solubile in acqua	8%
	Carbonio (C) organico di origine biologica	23,5%
	Boro (B) solubile in acqua	0,04%
	Ferro (Fe) solubile in acqua	0,12%
	Manganese (Mn) solubile in acqua	0,12%
	Zinco (Zn) solubile in acqua	0,05%
Componenti	Matrice organica di partenza: Epitelio animale idrolizzato	
Formulazione	Liquida	
Confezione	1 kg e 6 kg	

b)

Fig. 1a-b - Caratteristiche obbligatorie per la descrizione di concimi consentiti in agricoltura biologica (ai sensi della Circolare MiPAF n. 8 del 13 settembre 1999). Sono riportati esempi di concime organico arricchito da microelementi (a) e di concime polivalente fogliare (b)

concimi fogliari per i quali valgono le norme già indicate. Per i tempi di somministrazione e per una rilettura della problematica si rimanda al paragrafo specifico (*par. 3.1.2, p. 118*) inserito nel terzo capitolo.

Nelle *figg. 1a-b* (alla pagina precedente) sono riportate le descrizioni di due concimi (organico arricchito da microelementi e polivalente fogliare) consentiti in agricoltura biologica.

2. Fertilizzazione e caratteristiche dell'olio

Non è possibile stabilire con assoluta certezza una relazione diretta tra apporti nutritivi al terreno e qualità dell'olio. L'unica ricerca che riferisce su tale relazione è stata condotta in Spagna (*Uceda Oieda et al., 1985*) ed ha permesso di evidenziare una correlazione positiva tra concimazioni azotate al terreno e aumento negli oli dei contenuti di acido oleico e acido stearico; di contro, livelli ridotti di azoto causerebbero un aumento consistente dei livelli di acido palmitico e acido linoleico. Le concimazioni potassiche e fosfatiche sono state invece, in grado di incrementare solo il tenore dell'acido palmitico.

Esperienze più recenti hanno potuto verificare l'azione della somministrazione di azoto (urea 1,5%) per via fogliare sulle caratteristiche dell'olio (*Cimato et al., 1994*). L'applicazione di

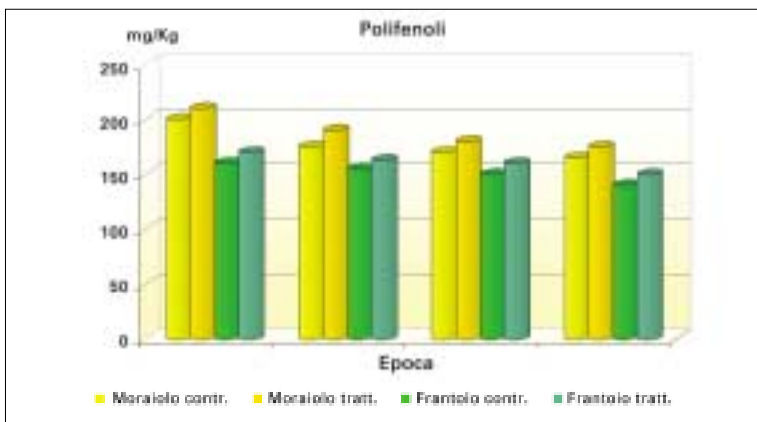


Fig. 2 - Contenuti di polifenoli totali (mg/kg) in oli monovarietal di Frantoio e Moraiolo. Confronto tra campioni ottenuti da piante controllo e trattate con urea (1,5%) fogliare (*Cimato et al., 1999*)



Ramo di olivo con frutti

questo fertilizzante in periodi primaverili non ha modificato la composizione acidica negli oli “monovarietali” delle cultivar “Frantoio” e “Moraiolo”, mentre è stata verificata una importante variazione nei valori totali in polifenoli e tocoferoli (figg. 2 e 3).

Tale risultato, confermato anche quando la raccolta delle olive è stata rinviata a dicembre, è attribuibile al più lento metabolismo della maturazione dei frutti nelle piante trattate con

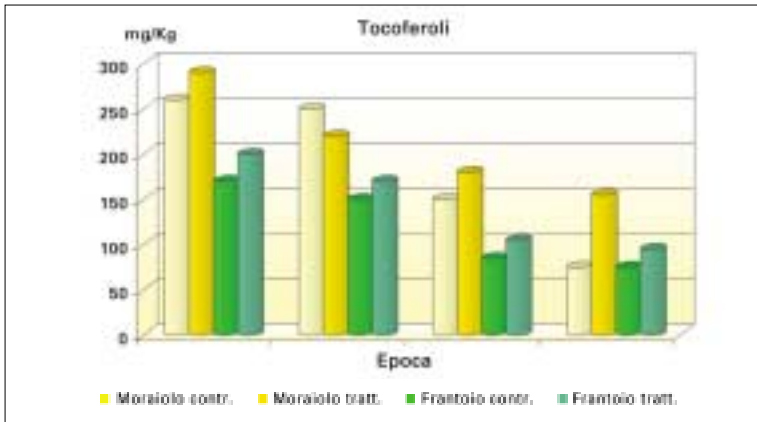


Fig. 3 - Contenuti di tocoferoli totali (mg/kg) in oli monovarietali di Frantoio e Moraiolo. Confronto tra campioni ottenuti da piante controllo e trattate con urea (1,5%) fogliare (Cimato et al., 1999)

urea, fenomeno che è conseguenza della maggiore attività vegetativa mostrata dagli olivi in seguito al trattamento fogliare (Cimato *et al.*, 1999).

Questi risultati, se confermati nel tempo, indicherebbero la possibilità di raccogliere le olive in epoca della stagione più tardiva e, nello stesso tempo, offrirebbero due vantaggi: la resa più elevata dei frutti alla frangitura e il mantenimento delle caratteristiche organolettiche e nutrizionali dell'olio.

Note

¹ Ecosistema agricolo che l'uomo sottopone a frequenti modifiche nelle componenti abiotiche e biotiche.

² Tecnica con la quale si ricopre il terreno di materiale vario (paglia, materie plastiche ecc.) che garantisce all'apparato radicale della specie coltivata di svilupparsi, ma che limita la crescita delle erbe spontanee.

³ Pratiche agronomiche applicabili in ambienti dove scarseggiano gli apporti idrici naturali che mirano a ottimizzare il rendimento produttivo dell'impianto senza l'ausilio di interventi irrigui.

⁴ È la quantità di acqua che passa dalla litosfera e dalla biosfera all'atmosfera, attraverso due processi: l'evaporazione (perdita d'acqua passiva da piante umide di pioggia o dal suolo bagnato o umido) e la traspirazione (cessione attiva da parte delle piante dell'acqua assorbita attraverso l'apparato radicale). Il fenomeno innalza la temperatura dell'aria.

Bibliografia

- AA.VV., (2000) – *La gestione del suolo e della fertilità*, www.agrimodena.it/
- AA.VV., (1999) – Associazione Lombarda per l'Agricoltura Biologica e Biodinamica, www.labuonaterra.it/
- CIMATO A., SANI G., MARZI L., MARRANCI M. (1994) – *Olivae*, 54: 48-55.
- CIMATO A., BALDINI A., MORETTI R. (2001) – *Cultivar, ambiente e tecniche agronomiche*. (II ediz.), ARSIA-Regione Toscana, CNR.
- GUET G. (1997) – *Agricoltura biologica mediterranea*. Edagricole, Bologna.
- PERELLI M. (1999) – *Luci e ombre sull'agricoltura biologica*. Fertilizzanti, 1.
- MiPAF – www.sinab.it/
- UCEDA OIEDA M., HERMOSO M. (1985) - *El cultivo del olivo*. Junta de Andalucia - Mundi-Prensa: 541-564.

V. Conclusioni

La diversità agronomica e colturale dell'olivicoltura toscana non permette di concludere il testo con l'attesa formula di un piano di fertilizzazione che asseconi le distinte esigenze degli imprenditori. Tuttavia, attualizzando questo contributo, è auspicabile che il lettore possa trovare aggiornate indicazioni sulle esigenze nutrizionali dell'olivo e moderni suggerimenti che lo facilitino nel momento in cui egli dovrà decidere il programma di fertilizzazione più idoneo alla "sua realtà di campo".

Le acquisizioni scientifiche disponibili sull'argomento, ancora piuttosto limitate, hanno consigliato di aggiornare la fertilizzazione dell'oliveto affermando che la nutrizione della pianta oggi va vista con una concezione più moderna e più ampia. L'obiettivo, infatti, non è solo quello di restituire al terreno gli elementi asportati, quanto di assicurarne l'assorbimento da parte delle radici e la traslocazione all'interno della pianta per creare un determinato "*equilibrium*" nutritivo in particolari organi (gemme, foglie, fiori, frutti) indirizzando la pianta nella direzione economicamente più conveniente (produzione di frutti).

Così, la richiesta ancora attuale di come intervenire per superare le barriere che limitano la produttività dell'olivo in Toscana è condizionata da conoscenze e da scelte.

Le prime, forniranno chiarimenti su come l'introduzione di un piano di fertilizzazione aziendale possa modificare le aspettative dell'agricoltore sia in termini di ottimizzazione delle risorse agronomiche, sia in termini di prodotto (olio) ottenibile. Si tratta, evidentemente, di dover porre una maggiore attenzione alle "diverse" condizioni ambientali e di campo con le quali occorre confrontarsi per realizzare un "particolare risultato produttivo".

Le decisioni tecniche che scaturiscono, invece, dalla valutazione economica dovranno determinare il piano di fertilizzazione valutando la situazione agronomica che distingue una zona

dall'altra e persino due aziende vicine.

L'uso eccessivo dei fertilizzanti incide sui costi di produzione e, per gli ambienti toscani, non è l'unico mezzo in grado di ottimizzare l'efficienza dell'oliveto. Tra l'altro, tale tendenza sta progressivamente diminuendo nella realtà regionale anche per effetto del Piano di Sviluppo Rurale e del regolamento comunitario (2092/91), che limitano l'impiego in agricoltura dei fertilizzanti di sintesi.

Così, il tentativo di sviluppare una strategia in difesa dell'ecosistema "oliveto" e di riunire tutti gli elementi della produzione (climatici, agronomici e biologici) per ottenere un olio extra vergine di qualità, non è difficile ma, nello stesso tempo, non è facile. Occorre che ciascuno si convinca che l'accumulo dell'olio nel frutto è un metabolismo complesso, in cui la pianta e l'ambiente assumono un ruolo diverso ma sempre determinante e che la corretta pianificazione delle scelte di tecnica colturale, tra cui la stessa fertilizzazione, sono delle opportunità che garantiscono di ottimizzare gli obiettivi produttivi.

ARSIA, la comunicazione istituzionale al servizio dell'agricoltura

L'attività editoriale

L'ARSIA svolge la propria attività editoriale attraverso una specifica linea, articolata in varie collane (monografie, quaderni tecnici, atti di convegni e seminari, manuali tecnici) e provvede direttamente alla loro diffusione. L'Agenzia regionale, infatti, pubblica i risultati di studi, ricerche e sperimentazioni, realizzati dai propri tecnici o commissionati all'esterno, con l'intento di fornire attraverso la stampa (o utilizzando gli strumenti telematici) il materiale tecnico per la divulgazione e l'aggiornamento.

L'elenco aggiornato di tutte le pubblicazioni edite dall'ARSIA è consultabile in internet all'indirizzo:

www.arsia.toscana.it/vstore

Collana " La qualità dell'olio d'oliva "

Il germoplasma dell'olivo in Toscana

A. Cimato, C. Cantini, G. Sani, M. Marranci. 2001

1. *La difesa fitosanitaria dell'olivo in Toscana*
A. Guidotti, M. Ricciolini. 1997.
2. *La mosca delle olive*
a cura di M. Ricciolini. 1997.
3. *L'olio di oliva. Cultivar, ambiente e tecniche agronomiche. Parte I e II*
A. Cimato, A. Baldini, R. Moretti (2 voll.) 1997.
4. *L'estrazione dell'olio dalle olive*
M. Mugelli. 1998.
5. *Banca dati dei frantoi oleari*
E. Silvestri, M. Toma. 1999.
6. *Dieci anni di sperimentazione olivicola in Toscana*
a cura di M. Toma. 1999.
7. *Olio e olivo: germoplasma, marketing, salute*
a cura di A. Cimato. 2000.
8. *Smaltimento e riutilizzo dei reflui dei frantoi.* 2000.
9. *Monitoraggio della qualità degli oli vergini di oliva della Toscana*
S. Alessandri, A. Cimato, A. Franchi, S. Caselli, G. Simiani. 2000.

10. *L'olio di oliva. Cultivar, ambiente e tecniche agronomiche.*
(II edizione) A. Cimato, A. Baldini, R. Moretti. 2001.
11. *La difesa fitosanitaria dell'olivo*
(II edizione), A. Guidotti, M. Ricciolini. 2001.
12. *La mosca delle olive*
(II edizione) a cura di M. Ricciolini. 2001.
13. *Un'etichetta per l'olio extra vergine d'oliva*
F. Nizzi Grifi. 2001.
14. *Olivo e olio: suolo, polline, DOP.* 2001.
15. *Macchine di raccolta per l'olivicultura toscana*
a cura di M. Vieri, A. Bo, N. Bazzanti, M. Toma. 2001.
16. *Il germoplasma dell'olivo in Toscana*
(II edizione) A. Cimato, C. Cantini, G. Sani, M. Marranci.
17. *La potatura dell'olivo in Toscana. Riflessioni tecniche*
F. Nizzi Grifi. 2002.
18. *La fertilizzazione dell'oliveto*
A. Cimato, E. Franchini. 2002.
19. *L'etichettatura dell'olio extravergine di oliva*
(II edizione). F. Nizzi Grifi. 2002.
20. *L'irrigazione in olivicoltura*
R. Gucci. 2003.
21. *La difesa fitosanitaria dell'olivo*
(III edizione). A. Guidotti, M. Ricciolini. 2004.
22. *Esigenze nutrizionali dell'olivo e fertilizzazione dell'oliveto*
(II edizione). A. Cimato, E. Franchini, C. Attilio. 2004.

Finito di stampare
nell'aprile 2004
da Tipografia Il Bandino srl
a Firenze
per conto di
ARSIA • Regione Toscana

Esigenze nutrizionali dell'olivo e fertilizzazione dell'oliveto

“... le esigenze nutrizionali dell'olivo rappresentano il risultato di un'articolata interazione tra l'ambiente pedoclimatico, nel quale insiste l'oliveto, la cultivar e le tecniche agronomiche... la fertilizzazione dell'oliveto deve essere intesa come un intervento colturale in grado di garantire continuità e stabilità al sistema suolo-pianta”.

“Per un'olivicoltura rispettosa del territorio e dell'ambiente, nel pianificare gli interventi, occorre tenere presente che la tecnica della fertilizzazione non ha quindi solo il compito di ricostituire e conservare le riserve nutritive nel terreno, quanto di favorire l'assorbimento dei nutrienti da parte delle radici e di garantire, negli anni, un *equilibrium* tra crescita vegetativa e produttività della pianta”.



Finanziato dalla Comunità Europea
Regolamento (CE) n. 2136/02