



Accademia Nazionale dell'Olivo e dell'Olio
Spoleto

Collana divulgativa dell'Accademia

Volume X

ESIGENZE MINERALI E TECNICHE DI CONCIMAZIONE



A cura di

Assunta Maria Palese, Giuseppe Celano, Cristos Xiloyannis

Realizzato nell'ambito del progetto "Ricerca ed Innovazione per l'Olivicoltura Meridionale", finanziato dal MiPAAF



Accademia Nazionale dell'Olivo e dell'Olio
Spoleto

Collana divulgativa dell'Accademia

Volume X

**ESIGENZE MINERALI E TECNICHE
DI CONCIMAZIONE**

A cura di

Assunta Maria Palese, Giuseppe Celano, Cristos Xiloyannis

Dipartimento di Scienze dei Sistemi Colturali, Forestali e dell'Ambiente

Università degli Studi della Basilicata

Via dell'Ateneo Lucano, 10

85100 Potenza

E-mail: assunta.palese@unibas.it, giuseppe.celano@unibas.it, cristos.xiloyannis@unibas.it

Realizzazione editoriale

Accademia Nazionale dell'Olivo e dell'Olio

Palazzo Ancajani - Piazza della Libertà, 12

06049 Spoleto (PG)

Tel/ Fax 0743-223603 – e-mail: andulivo@virgilio.it

Realizzato nell'ambito del progetto "Ricerca ed Innovazione per l'Olivicoltura Meridionale", finanziato dal MiPAAF

ISSN 2281-4930

Publicato online nel mese di febbraio 2012

PREFAZIONE

Sono trascorsi cinquanta anni dalla fondazione dell'Accademia Nazionale dell'Olio e dell'Olio. Cinquanta anni che hanno visto alla sua guida personaggi, di cui alcuni, purtroppo, non più presenti tra noi, che attraverso i loro alti comportamenti etici, morali, politici e professionali hanno realizzato le strutture portanti dell'Accademia e dato lustro alle attività svolte.

L'attuale Consiglio Accademico, per celebrare questo importante traguardo, ha deciso, in linea anche con gli obiettivi del "Progetto Network", di realizzare una Collana dell'Accademia, sottoforma di opuscoli, riguardante tutta la filiera produttiva e commerciale dell'olio extravergine di oliva. Sono state individuate numerose tematiche, affrontate alla luce dei più recenti aggiornamenti scientifici e tecnici sia per minimizzare i costi produttivi, sia per ottimizzare la qualità e la sua valorizzazione sui mercati.

In questa direzione notevole enfasi è stata data ai nuovi modelli d'impianto, alle tecniche colturali, alle prospettive della genomica, alle tecnologie di trasformazione, alla valorizzazione dei sottoprodotti, agli aspetti di medicina preventiva e salutistica, alla gestione economica aziendale ed alle strategie di marketing. Nella scrittura degli opuscoli si è cercato di utilizzare una forma divulgativa, ma al tempo stesso rigorosa nei termini scientifici utilizzati.

In ogni opuscolo sono fornite tutte le indicazioni necessarie per contattare, per eventuali approfondimenti, gli Autori.

GianFrancesco MONTEDORO
Presidente Accademia Nazionale
dell'Olio e dell'Olio

ESIGENZE MINERALI E TECNICHE DI CONCIMAZIONE

Indice

	Pagina
Abstract	2
1. La concimazione	3
2. Gli elementi nutritivi	3
2.1. Azoto	3
2.2. Fosforo	4
2.3. Potassio	4
2.4. Magnesio	5
2.5. Calcio	5
2.6. Boro	5
2.7. Ferro	5
3. I macroelementi nel terreno e le forme disponibili per le piante	6
4. Indicazioni per la preparazione di un piano di concimazione	7
4.1. Concimazione all’impianto	9
5. Fabbisogno in nutrienti dell’olivo nelle diverse fasi di crescita	10
5.1. Fase di allevamento	10
5.2. Fase di piena produzione	11
6. Distribuzione dei fertilizzanti: modalità ed epoca	11
6.1. Condizioni non irrigue	11
6.2. Condizioni irrigue	12
7. Concimazione fogliare	12
8. Fertirrigazione	15
8.1. I fertilizzanti da utilizzare in fertirrigazione	16
8.2. Modalità di distribuzione del fertilizzante	17
9. Analisi del terreno e diagnostica fogliare	20
10. Fertilizzazione nelle aziende olivicole gestite in modo “organico-biologico”	21
11. Fertilizzazione e caratteristiche del prodotto	23
Per approfondimenti	26

MINERAL ELEMENT NEEDS AND FERTILIZATION TECHNIQUES

Abstract

The productive performance of an olive orchard is strongly affected by the olive grower capacity in choosing, combining, and properly performing the several agronomical practices, such as fertilization, soil management, irrigation, also taking into account their environmental impact. On the other hand, such expertise is taken into consideration by the recent agricultural European Union policy which supports and encourages the use of production technologies aimed to preserve natural resources. Among agronomical practices, fertilization can induce a ready and effective vegetative-productive response in olive trees. A well balanced and appropriate fertilization should take into account some steady points:

- real nutrient needs of olive trees along the different stages of plant life cycle;
- soil nutrient availability and tree nutritional status;
- synchronization between nutrient requirements by the plants (olive trees and, in case, cover crops) and their availability in soil volume where roots are present;
- fertilization techniques and their efficiency;
- soil management techniques (spontaneous or seeded cover crops, recycling of pruning material within the orchard, use of manure or compost) and water availability linked to natural conditions (rainfall) or irrigation practice.

In the present report some practical suggestions for an appropriate mineral and organic fertilization are reported taking into account the different farm management systems.

ESIGENZE MINERALI E TECNICHE DI CONCIMAZIONE

1. La concimazione

La concimazione migliora le condizioni di abitabilità del terreno consentendo alle piante di svilupparsi e di produrre in modo ottimale. Con la concimazione minerale gli elementi nutritivi vengono somministrati tramite fertilizzanti chimici al fine di reintegrarne la disponibilità nel terreno per una precoce entrata in produzione della pianta, un equilibrato sviluppo vegeto-produttivo ed una maggiore resistenza ad avversità biotiche ed abiotiche (carenza idrica, gelate). La fertilizzazione organica prevede l'apporto di materiale organico di diversa origine e qualità (letame, ammendante compostato, sovescio, inerbimento, residui di potatura, pollina, ecc.); essa assicura un miglioramento delle proprietà fisiche, biologiche, chimiche ed idrologiche del terreno che, a loro volta, influenzano positivamente sia la nutrizione minerale delle piante che quella idrica.

2. Gli elementi nutritivi

Gli elementi minerali, essenziali per la nutrizione delle piante, possono essere distinti in macroelementi e microelementi in funzione della quantità assorbita dalle piante e della entità della loro concentrazione nei tessuti vegetali. I primi, assorbiti in considerevole misura dal terreno, sono azoto (N)¹, fosforo (P), potassio (K), magnesio (Mg), zolfo (S) e calcio (Ca). Gli altri, carbonio (C), ossigeno (O) e idrogeno (H), sono altrettanto indispensabili ma presi dall'aria e dall'acqua. I microelementi, invece, come boro (B), ferro (Fe), manganese (Mn), zinco (Zn), rame (Cu), molibdeno (Mo) e cloro (Cl), vengono assorbiti in piccolissime quantità ma non per questo sono meno importanti dei macroelementi.

¹ Fra parentesi il simbolo chimico dell'elemento

L'osservazione in campo delle malformazioni, dei disseccamenti e delle alterazioni cromatiche che colpiscono essenzialmente le foglie ed i frutti costituisce una modalità idonea per verificare l'eccesso o la carenza di un certo elemento nutritivo. Alle volte però la sintomatologia non è evidente o si manifesta quando il danno è già avvenuto. Pertanto, le analisi del terreno combinate con la diagnostica fogliare costituiscono strumenti complementari per il monitoraggio della disponibilità dei nutritivi e dello stato nutrizionale delle piante.

Di seguito sono brevemente descritti la funzione biologica che ciascun elemento minerale svolge all'interno della pianta ed i sintomi da carenza e da eccesso che determina.

2.1. Azoto

L'azoto esercita un ruolo di primaria importanza nella nutrizione dell'olivo in quanto stimola l'accrescimento di nuovi germogli, aumenta la percentuale dei fiori perfetti (Figura 1A), facilita l'allegagione e lo sviluppo dei frutti contenendo così il fenomeno dell'alternanza di produzione. Esso è un componente fondamentale degli acidi nucleici, degli aminoacidi, delle proteine e della clorofilla.



Figura 1A. Una buona dotazione in azoto aumenta la percentuale di fiori perfetti (con ovario nella norma).

L'olivo reagisce con grande rapidità alle somministrazioni di azoto purché le condizioni idriche del terreno siano ottimali per l'assorbimento radicale. In primavera, alla ripresa vegetativa, le piante utilizzano l'azoto accumulato durante l'autunno precedente negli organi di riserva (branche e radici): grazie alla grande mobilità dell'elemento in forma organica all'interno dell'albero, esso viene facilmente traslocato negli organi che ne hanno bisogno.

I sintomi visivi da eccesso di azoto sono riconducibili ad un generale aumento dell'attività vegetativa (maggiore lunghezza degli internodi dei rami e delle dimensioni delle foglie) ed a una intensa e brillante colorazione delle foglie; il ciclo vegetativo annuale si allunga ed i tessuti vegetali risultano così meno resistenti ai danni da freddo, da siccità e da attacchi parassitari. I frutti maturano più tardi e presentano una minore consistenza della polpa. Di contro, la carenza di azoto determina vegetazione stentata, foglie color verde pallido, scarsa differenziazione delle gemme a fiore, alta percentuale di fiori imperfetti (Figura 1B), produzione scarsa e di bassa qualità (frutti di piccola pezzatura).



Figura 1B. Al contrario, la carenza di azoto determina un aumento di fiori con ovario abortito (fiori imperfetti).

2.2. Fosforo

Il fosforo è il componente fondamentale di numerose sostanze biologiche indispensabili alla

vita della pianta (enzimi, proteine, acidi nucleici, nucleotidi, fosfolipidi, ecc.). Esso controlla moltissimi processi vitali come, ad esempio, la moltiplicazione cellulare, che assicura una crescita regolare della pianta; la fotosintesi clorofilliana, che consente di costruire sostanze organiche complesse a partire dall'energia luminosa, dal carbonio, dall'idrogeno e dall'ossigeno; la respirazione, che distrugge gli zuccheri e fornisce l'energia necessaria per lo svolgimento delle differenti mansioni vitali; il trasporto energetico, che permette di cedere l'energia alle diverse parti della pianta in funzione delle loro necessità. Il fosforo influenza positivamente la fioritura e l'allegagione, accelera i processi di maturazione del frutto e degli altri tessuti vegetali, stimola la crescita radicale.

Una notevole riduzione della dimensione delle foglie ed una intensa colorazione verde purpurea sono i classici sintomi da carenza di fosforo. E' tuttavia raro osservare danni da fosfo-carenza visti i ridotti consumi e l'elevata capacità estrattiva per questo elemento da parte degli olivi (micorize) nonché la buona dotazione di P dei terreni italiani. D'altra parte, in terreni troppo acidi ($\text{pH} < 5$) o troppo basici ($\text{pH} > 8$), c'è il rischio che una gran parte del fosforo distribuito con le concimazioni venga immobilizzato in composti insolubili di ferro, alluminio e calcio e dunque non possa più essere disponibile per l'assorbimento radicale (retrogradazione dei fosfati). L'eccesso di fosforo nel suolo può invece determinare la carenza di alcuni micronutrienti come ferro e zinco (fenomeni di antagonismo).

2.3. Potassio

Il potassio mantiene il giusto turgore nelle cellule (equilibrio osmotico) ed attiva alcuni processi fisiologici e biochimici essenziali per il regolare sviluppo vegeto-riproduttivo come, ad esempio, la respirazione e la traspirazione, l'assorbimento radicale, il bilancio idrico interno, le attività che conducono alla formazione ed al trasporto di

certe sostanze quali proteine, zuccheri e grassi (aumento della resa in olio delle olive). Il potassio accresce la resistenza alle condizioni ambientali avverse (gelo, siccità, vento), alle malattie fungine (ad esempio *Cyloconium oleaginum*) ed alla salinità, e migliora la qualità dei frutti ove si concentra in grandissime quantità (circa il 60% del totale). E' per questo che alla raccolta gli olivi subiscono una perdita consistente di questo elemento che deve essere reintegrato con opportune dosi di fertilizzanti potassici distribuiti al terreno o direttamente alla pianta. La carenza di potassio si manifesta sui frutti, che presentano uno sviluppo ridotto, e sulle foglie vecchie, con necrosi apicali più o meno marcate, minore intensità della colorazione verde, e nei casi più gravi, con caduta precoce delle stesse. Un eccesso di questo elemento induce antagonismi nell'assorbimento del ferro e del magnesio.

2.4. Magnesio

Il magnesio è un costituente fondamentale della clorofilla, il pigmento responsabile del colore verde delle foglie e dei germogli e da cui dipende la fotosintesi clorofilliana. Questo elemento è un attivatore di vari enzimi, interviene nell'assorbimento dell'azoto, nella formazione di aminoacidi e vitamine, e nella sintesi di zuccheri e grassi. E' assorbito dalle piante in quantità consistenti. Molto rari sono i casi di eccesso da magnesio così come quelli di carenza accertati in pieno campo. La mancanza di questo elemento (dovuta anche ad eccesso di calcio e potassio) si manifesta con una riduzione dell'attività vegetativa degli olivi, con ingiallimento delle foglie e conseguente disseccamento e caduta.

2.5. Calcio

Il calcio è elemento indispensabile per lo sviluppo delle piante in quanto attiva alcuni importanti enzimi e partecipa alla formazione delle pareti cellulari conferendo così resistenza meccanica ai tessuti. I problemi da carenza di calcio sono

alquanto rari nelle aree italiane di coltivazione dell'olivo, che è fra le colture arboree più sensibili alle deficienze di questo elemento, ma se ne potrebbero verificare in presenza di terreni acidi, scarsamente dotati di sostanza organica e caratterizzati da bassa capacità di scambio cationico. I sintomi evidenti da carenza di calcio consistono in un ingiallimento delle foglie giovani (clorosi) seguito da caduta precoce e nella comparsa di piccole aree decolorate sui frutti. L'eccesso di calcio può determinare una influenza negativa sull'assimilabilità di altri elementi minerali come ferro (clorosi ferrica ovvero ingiallimento generalizzato delle foglie) e fosforo.

2.6. Boro

Il boro è coinvolto nel metabolismo dei fenoli e dei carboidrati e nel trasporto floematico di questi ultimi, ed interviene in alcuni passaggi fondamentali del ciclo riproduttivo (induzione a fiore, germinabilità del polline, allegazione ed allungamento del tubetto pollinico). I sintomi da carenza di boro sono evidenti e consistono in un ingiallimento iniziale della parte apicale delle foglie, seguito da necrosi e caduta (similmente a ciò che avviene per la deficienza di calcio), in un notevole sviluppo di succhioni, in una crescita breve a rosetta delle gemme apicali dei rametti, in malformazioni e disseccamenti apicali delle drupe. Inoltre, la carenza di boro determina una riduzione della entità della fioritura e dell'allegazione seguita da una eccessiva cascola estiva. Nelle situazioni di carenza più gravi non si ha fioritura, intere branche seccano, la corteccia può presentare evidenti anomalie. L'olivo, rispetto alle altre colture da frutto, risulta essere meno sensibile all'eccesso di boro il cui sintomo più evidente è la malformazione degli apici vegetativi.

2.7. Ferro

Il ferro contribuisce al corretto svolgimento della fotosintesi clorofilliana influenzando così lo

sviluppo dell'apparato fogliare della pianta ed il suo ciclo riproduttivo. In terreni con elevato contenuto di calcare attivo o con pH alcalino si può verificare una carenza di ferro che porta ad un mancato assorbimento dell'elemento da parte delle piante che presentano, come tipico sintomo, il fogliame ingiallito (clorosi ferrica).

3. I macroelementi nel terreno e le forme disponibili per le piante

L'azoto è presente nel terreno in forma organica, nell'humus e nei residui vegetali e animali, e nelle forme minerali ammoniacale e nitrica. Quest'ultima è la forma di azoto prevalentemente assorbita dalle piante. L'azoto organico per essere assorbito dalle radici deve essere trasformato dalla microflora specifica del terreno prima in azoto ammoniacale e poi in azoto nitrico (processo di mineralizzazione). L'azoto ammoniacale, essendo una forma cationica di segno positivo (NH_4^+), può essere trattenuto dai colloidi del suolo (sostanza organica ed argilla) grazie alla loro carica negativa (segno-). Dunque, un terreno ricco in colloidi, presentando una elevata capacità di scambio, è in grado di trattenere lo ione ammonio evitandone le perdite. Di contro, l'azoto nitrico (NO_3^-) si muove liberamente nella soluzione del terreno pronto ad essere assorbito dalle radici delle piante ma anche a perdersi per ruscellamento superficiale e/o per dilavamento negli strati di terreno più profondi (lisciviazione). Tali fenomeni possono determinare la contaminazione, rispettivamente, dei corpi idrici superficiali e delle falde acquifere. Il rischio di inquinamento è davvero elevato quando i concimi azotati vengono distribuiti in un'unica soluzione secondo dosi eccessive, tali da non poter essere prontamente utilizzate dalle piante di olivo. L'azoto nitrico può essere perso dal terreno anche per via gassosa attraverso il processo di denitrificazione innescato da batteri che vivono in assenza di ossigeno. Le perdite possono essere ingenti nei terreni asfittici, ricchi

di materiale organico e con pH maggiore di 5. Altre perdite per via gassosa si possono verificare per volatilizzazione dell'ammoniaca, di entità significativa soprattutto nei terreni calcarei, con debole capacità di scambio, fertilizzati con urea o concimi ammoniacali nel periodo secco e connotato da temperature molto elevate.

La disponibilità naturale di azoto per le piante è garantita essenzialmente dalla mineralizzazione della sostanza organica del terreno, favorita da temperature elevate e da buone condizioni idriche del terreno; dalle piogge, che trasportano al terreno alcuni composti azotati presenti nell'atmosfera; dal processo di azotofissazione attivato essenzialmente da batteri del genere *Rhizobium* che vivono in simbiosi con le piante della famiglia delle Leguminose (fava, pisello, soia, trifoglio, erba medica, ecc.) e che catturano l'azoto atmosferico convertendolo in composti azotati organici.

La forma di fosforo utile per la nutrizione delle piante è quella *assimilabile* data dalla somma del fosforo *solubile*, ovvero disciolto nella soluzione del terreno, con il fosforo *adsorbito*, ovvero trattenuto debolmente dalle particelle del suolo. Il fosforo *di riserva*, non prontamente fruibile dalle piante, è costituito dal fosforo *organico*, presente nella sostanza organica, dal fosforo *dei minerali*, e da quello *dei composti poco solubili* (fosfati). Col tempo, alcune di queste forme di fosforo di riserva possono liberarsi grazie a vari processi, ad esempio la mineralizzazione, e divenire disponibili per i vegetali.

Il fosforo, diversamente dall'azoto nitrico, è fortemente trattenuto dal terreno e pertanto non viene perduto ad opera dell'acqua. Pertanto, le perdite di fosforo sono essenzialmente da attribuire alle asportazioni da parte dell'olivo. Una parte del fosforo assimilabile può essere sottratto alla nutrizione delle piante o perché sfruttato dai microrganismi del terreno per le loro attività vitali o perché intrappolato dal calcio (nei suoli calcarei) e dal ferro e dall'alluminio (nei suoli acidi) con cui forma composti insolubili

(fenomeni di immobilizzazione e retrogradazione). Il contenuto di fosforo nel suolo e dei concimi viene espresso come anidride fosforica (P₂O₅).

Il potassio *assimilabile* costituisce la frazione facilmente assorbita dalle piante. Essa è costituita dal potassio *solubile*, presente nella soluzione del terreno, mobile e come tale soggetto a lisciviazione, e dal potassio *scambiabile*, legato alle particelle dei colloidi del terreno (di segno negativo) grazie alla sua carica positiva (K⁺), ma in dinamico equilibrio con la soluzione circolante del suolo di modo che, quando necessario, può essere ceduto o trattenuto. La carica positiva che contraddistingue il potassio gli permette di essere direttamente assunto dalle radici attraverso un meccanismo di assorbimento alquanto complesso. Infine il potassio è presente all'interno delle argille in forma *di riserva*, pronta a liberarsi ed a rendersi disponibile per le piante in caso di bisogno, e nella struttura cristallina di certi minerali del terreno (*potassio strutturale*). asportazioni dell'olivo. La dotazione in potassio

del terreno ed il titolo dei fertilizzanti viene espresso come ossido di potassio (K₂O).

4. Indicazioni per la preparazione di un piano di concimazione

Ai fini dell'impostazione di un corretto piano di concimazione è necessario definire la quantità di nutrienti da apportare tramite l'approccio del bilancio nutrizionale inteso come confronto fra gli apporti nell'oliveto (entrate) e le asportazioni (uscite) dallo stesso (Tabella 1).

Fra le entrate va considerato il materiale di potatura, nel caso esso venga riciclato nell'oliveto (Figura 2 A, B), e le foglie senescenti le quali hanno un tempo di permanenza medio sulla pianta di 30 mesi. L'entità della restituzione viene considerata pari al 100% nel caso del fosforo, potassio, calcio, magnesio, ecc., pari invece al 50% per l'azoto così da considerare, in modo cautelativo, le perdite per il metabolismo dei

Tabella 1. Schema per la determinazione del bilancio nutrizionale dell'oliveto.

Entrate nel sistema	Uscite dal sistema	Riciclo/immobilizzazioni
Acqua di irrigazione	Lisciviazione e ruscellamento superficiale	Materiale di potatura (se trinciato e lasciato in campo) + foglie senescenti (<i>restituzione totale del 100% per P, K, Ca, Mg, ecc. – restituzione parziale del 50% per N</i>)
Fertilizzante minerale integrativo	Perdite per via gassosa (denitrificazione e volatilizzazione dell'ammoniaca)	
Deposizioni dovute alle piogge	Produzione	Immobilizzazione nelle strutture vegetali (parte aerea + ceppo + radici)
Azotofissazione		Inerbimento

microrganismi tellurici e per i processi di denitrificazione e lisciviazione.



Figura 2 A, B. Il riciclo del materiale di potatura nell'oliveto incrementa il tenore di sostanza organica del terreno ed apporta significative quantità di nutrienti ad integrazione delle concimazioni minerali.

Anche l'inerbimento (Figura 3) deve essere valutato nell'ambito del riciclo relativamente agli elementi minerali poco mobili nel terreno (P, K, Ca, Mg, ecc.). Invece per l'azoto, in presenza di una componente importante di leguminose, esso dovrebbe essere computato come input del sistema considerando l'efficienza dell'azotofissazione (circa 70% dell'azoto contenuto nei tessuti delle piante leguminose). In sistemi inerbiti caratterizzati da una trascurabile componente delle leguminose, sebbene il cotico in media contenga quantitativi consistenti di

elementi minerali (81, 8 e 139 kg/ha rispettivamente di azoto, fosforo e potassio per quantità di biomassa pari a 11 t/ha/anno in peso fresco), esso può essere considerato in equilibrio con le risorse naturali per cui nel bilancio va computato interamente nella quota di riciclo.

Il cotico erboso, oltre alle funzioni anti-erosiva, di apporto di sostanza organica e di riduzione delle perdite di azoto per lisciviazione (*catch crop*), presenta la capacità di rimobilizzare gli elementi minerali lungo il profilo del suolo trasportandoli dagli orizzonti profondi a quelli superficiali e viceversa. Da non trascurare sono gli apporti di elementi nutritivi da parte delle acque di irrigazione. Infatti, l'acqua irrigua può contenere quantità significative di macronutrienti che occorre sottrarre alle dosi di fertilizzante da distribuire.



Figura 3. L'inerbimento, con essenze spontanee o seminate, oltre ad apportare sostanza organica e nutrienti, svolge una funzione anti-erosiva, riduce le perdite di azoto per lisciviazione, mobilizza gli elementi minerali lungo il profilo di terreno trasportandoli dagli orizzonti profondi a quelli superficiali e viceversa.

Fra le uscite dal sistema va considerato il fabbisogno in elementi minerali che, in oliveti in piena produzione, è stimato pari alle quantità di elementi minerali asportati con la produzione e con il materiale di potatura (se allontanato dal campo). Diverso è quando le piante sono in fase

di allevamento. In questo periodo del ciclo vitale della coltura le asportazioni da imputare alla crescita delle strutture epigee ed ipogee risultano essere piuttosto cospicue. E' inoltre importante conoscere come le piante suddividono, nel corso della stagione vegetativa, il consumo di ogni elemento. La stima della ripartizione percentuale del fabbisogno annuale della pianta (Tabella 2) indica che la richiesta di potassio è equamente distribuita nel corso del ciclo annuale; per l'azoto è maggiore nelle fasi di ripresa vegetativa ed allegazione (fino alla 14^a settimana); per il fosforo si concentra dall'allegazione alla raccolta.

A questo punto la dose di fertilizzante, calcolata per ciascun elemento, va rapportata alle disponibilità nel suolo (analisi del terreno) ed, eventualmente, allo stato nutrizionale degli olivi (diagnostica fogliare e/o osservazione visiva).

4.1. Concimazione all'impianto

La concimazione prima dell'impianto prevede apporti di materiale organico microbiologicamente stabilizzato alle dosi di circa 2-3 Kg/pianta da distribuire nella buca a 30 - 40 cm dal tronco, così da creare le condizioni ottimali di abitabilità per l'apparato radicale del giovane olivo. Comunque, apporti importanti di letame o ammendante compostato alle dosi di

500 q/ha costituiscono sempre un ottimo investimento per la futura produttività dell'oliveto ed il ripristino della fertilità chimica e microbiologica del suolo. Qualora il materiale organico compostato sia di difficile reperimento è possibile procedere, poco prima della realizzazione dell'impianto, alla coltivazione di un ricco erbaio di copertura da utilizzare come sovescio o pacciamatura quando raggiunge una avanzata fase di maturazione. Relativamente alla concimazione di fondo con concimi minerali potassici e fosfatici, vengono espressi numerosi elementi di dubbio circa la loro utilità viste le ridotte esigenze dell'olivo nei primi anni di impianto ed i processi di immobilizzazione a carico del fosforo che potrebbero vanificare l'efficacia dell'intervento. Interventi di concimazione pre-impianto possono essere consigliati in caso di carenze di questi elementi minerali appurate con le analisi del suolo o quando il tipo di terreno è tale da limitare la mobilità verticale dei concimi apportati in superficie. La concimazione di fondo è da sconsigliare nelle situazioni in cui è prevista l'installazione di impianto per la fertirrigazione ed in terreni leggeri e/o superficiali.

Tabella 2. Ripartizione percentuale del fabbisogno annuale di azoto, fosforo e potassio da parte di piante di olivo nelle diverse fasi del ciclo annuale (4° anno dall'impianto).

Elemento	Ripresa vegetativa-allegazione (%)	Allegazione-Indurimento del nocciolo (%)	Indurimento del nocciolo-Raccolta (%)
N	41,5	29,5	29,0
P	24,6	38,9	36,5
K	33,5	31,4	35,1

5. Fabbisogno in nutrienti dell'olivo nelle diverse fasi di crescita

5.1. Fase di allevamento

Nei primi anni di allevamento i fertilizzanti devono essere distribuiti esclusivamente in corrispondenza del volume di suolo esplorato dall'apparato radicale e bagnato dai gocciolatori (in presenza di irrigazione). In questa fase si ricorre principalmente ad apporti azotati indispensabili per stimolare il rapido sviluppo delle giovani piantine e predisporle ad una precoce entrata in produzione. In terreni normalmente dotati, l'anidride fosforica e l'ossido di potassio saranno apportati secondo quantitativi

pari alle esigenze nutrizionali annuali. Le dosi orientative da distribuire, corrispondenti alle asportazioni annuali delle giovani piante, sono riportate in Tabella 3. Particolare attenzione nella gestione della nutrizione deve essere rivolta alla fase di "transizione", della durata di circa 5 anni, ovvero quando l'olivo presenta produzioni crescenti insieme ad incrementi significativi nelle strutture perenni. In tale fase gli apporti sono superiori a quelli da distribuire in oliveti in piena produzione (Tabella 4). Un errore nella gestione della nutrizione in questa fase ripercuote comporta un ritardo nel raggiungimento della fase di maturità (fase di piena produzione).

Tabella 3. Dosi orientative annuali di fertilizzanti (g/pianta) calcolate in base alle reali asportazioni di olivi in fase di allevamento.

Nutriente	Dosi annuali
N	massimo 40 g/pianta fino al III anno - massimo 140 g/pianta fino al V anno
P₂O₅	massimo 10 g/pianta fino al III anno - massimo 25 g/pianta fino al V anno
K₂O	massimo 35 g/pianta fino al III anno - massimo 195 g/pianta fino al V anno

Tabella 4. Asportazioni di un oliveto (6 m x 3 m) irrigato al 6° anno dall'impianto (produzione di 14 Kg/pianta) ed in piena produzione (25 Kg/pianta).

		g/pianta					mg/pianta		
		N	P₂O₅	K₂O	MgO	CaO	Fe	Cu	Zn
6° anno	Strutt. epigee	148	24	125	23	201	500	56	146
	Ceppo e radici	52	8	38	8	81	1431	42	149
	Potatura	34	4	36	11	92	329	38	66
	Produzione	101	20	95	4	8	161	1	94
	Totale	335	56	294	46	382	2421	137	455
Piena prod.	Potatura	40	5	45	12	109	479	47	81
	Produzione	191	37	179	6	156	305	3	178
	Totale	231	42	224	18	265	784	50	259

5.2. Fase di piena produzione

La concimazione ordinaria o di produzione deve mantenere nel terreno una disponibilità nutritiva proporzionata alle esigenze delle piante per un equilibrio tra attività vegetativa e produttiva. Deve, quindi, essere effettuata sulla base delle asportazioni della pianta e in funzione dei risultati delle eventuali analisi chimiche (su terreno e foglie) e delle osservazioni/rilievi in campo.

Le restituzioni di elementi minerali devono essere decise in funzione della entità della produzione e del materiale di potatura misurate effettivamente nell'oliveto da fertilizzare. Infatti, va assolutamente evitato l'uso di valori di asportazione riferiti all'ettaro ed ottenuti in impianti con densità e livelli produttivi molto diversi. Il valore delle asportazioni è pari alla somma del contenuto in elementi minerali della produzione e dei residui di potatura (Tabella 5), quando bruciati o allontanati dall'oliveto. Il riciclo in campo del materiale di potatura dovrebbe essere incentivato, soprattutto in assenza di rilevanti problemi sanitari, al fine di incrementare o mantenere il tenore di sostanza organica del terreno ed apportare nutrienti ad integrazione delle concimazioni minerali. In caso di riciclo del materiale di potatura trinciato nell'oliveto, è necessario computare nelle asportazioni circa il 50% del loro contenuto in azoto.

6. Distribuzione dei fertilizzanti: modalità ed epoca

6.1. Condizioni non irrigue

In ambiente non irriguo, in impianti maturi, l'azoto deve essere apportato al suolo in 2-3 interventi (alla mignolatura, all'indurimento del nocciolo ed eventualmente in autunno, in fase post-raccolta in relazione all'entità della produzione) secondo dosi al massimo pari ad 1,5 volte la domanda annuale. Il coefficiente 1,5 utilizzato considera l'insieme delle perdite medie a cui va incontro l'azoto distribuito a spaglio. L'intervento da effettuare all'indurimento del nocciolo può essere sostituito da una concimazione fogliare per ovviare alla scarsa umidità del terreno tipica del periodo estivo. La eventuale distribuzione autunnale post-raccolta può risultare utile per la costituzione delle riserve della pianta e quindi per garantire l'equilibrio vegeto-produttivo dell'anno successivo. Di fatto, parte del metabolismo dell'albero ad inizio del ciclo vegetativo annuale è sostenuta dalla rimobilizzazione delle riserve precedentemente accumulate. L'apporto in post-raccolta va valutato con attenzione. Esso è sconsigliato in ambienti a clima freddo, ove accentua la suscettibilità delle piante alle gelate, ed in situazioni in cui esiste un forte rischio di lisciviazione.

Tabella 5. Contenuto in elementi nutritivi delle drupe e del materiale di potatura.

ASPORTAZIONI	(g/q di materiale fresco)				
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	MgO	CaO
Produzione	765	149	717	25	63
Materiale di potatura	507	64	553	164	1434

In quest'ultima condizione sono da preferirsi le concimazioni fogliari.

In impianti in fase di allevamento, invece, gli apporti azotati, pari sempre a 1,5 volte le esigenze annuali, saranno realizzati all'inizio del ciclo vegetativo annuale ed in coincidenza delle prime precipitazioni autunnali. Gli interventi tardivi sono comunque sconsigliati in aree a rischio gelate. E' assolutamente da evitare la distribuzione del fertilizzante azotato in una unica soluzione.

Per quanto concerne fosforo e potassio, il 70-80% della domanda annuale va distribuito in primavera, in coincidenza della prefioritura, ed il 20-30% in autunno quando la differenziazione degli apici radicali è massima e, conseguentemente, anche l'attività di assorbimento è elevata. La fertilizzazione fosfatica dovrebbe realizzarsi quando le analisi del suolo e dei tessuti fogliari la suggeriscono. In condizioni di dotazione sufficiente è consigliabile seguire il principio della restituzione degli asportati. I fertilizzanti devono essere distribuiti in corrispondenza del volume di suolo esplorato dall'apparato radicale.

6.2. Condizioni irrigue

In regime irriguo, con continuità della disponibilità idrica, i macroelementi azoto, fosforo e potassio possono essere distribuiti in micro-fertirrigazione.

Durante la fase di allevamento si adotterà una strategia di fertirrigazione fondata su apporti azotati totali pari ad 1,2 volte la quantità annua assorbita dalle piante di olivo, distribuiti prevalentemente nella prima fase di sviluppo vegetativo, con dosi molto basse ed assecondando lo sviluppo dell'apparato radicale anno dopo anno. Le concimazioni fosfatiche e potassiche, in quantità uguali alle asportazioni, saranno condotte nelle prime settimane della ripresa vegetativa così da stimolare la differenziazione radicale ed evitare ustioni dei

tessuti radicali indotte da elevate concentrazioni di nutritivi nella soluzione circolante del terreno.

Nella fase di piena produzione si consiglia di fertirrigare con cadenza settimanale già dalla ripresa vegetativa con dosi che assecondano il fabbisogno dell'olivo nel corso della stagione vegetativa. In ambienti caratterizzati da abbondanti piogge primaverili, è possibile distribuire i concimi al suolo alla ripresa vegetativa ed iniziare a fertirrigare in coincidenza dell'inizio della stagione irrigua (pre-fioritura).

Gli apporti di fosforo e potassio, in presenza di sufficienti disponibilità del suolo, seguiranno il criterio della restituzione delle asportazioni. Le fertilizzazioni di calcio, magnesio e microelementi vanno effettuate soltanto in caso di carenze strutturali del terreno.

A titolo esemplificativo, nella Scheda 1 sono riportate le indicazioni per la predisposizione di un piano di fertirrigazione per un oliveto maturo. Particolarmente interessante risulta la valutazione del contenuto in azoto minerale del suolo, nei volumi interessati dagli apporti irrigui, che consente di regolare gli apporti azotati in modo da colmare l'eventuale deficit di disponibilità per la coltura. Un esempio di calcolo del deficit azotato da integrare con la fertirrigazione è riportato nella Scheda 2. La dotazione del terreno in azoto nitrico richiede un frequente monitoraggio nel corso del ciclo annuale (anche settimanale in coincidenza delle fasi di maggiore richiesta della pianta), utilizzando preferibilmente attrezzature da campo poco costose, di uso facile e veloce. Esse prevedono l'estrazione di un campione di suolo con acqua distillata e la rapida immersione nell'estratto di "strisce" pretrattate con reagenti chimici che assumono una colorazione diversa in funzione della concentrazione in nitrati.

7. Concimazione fogliare

Con la concimazione fogliare i nutrienti, disciolti in soluzione acquosa, sono distribuiti sulla

SCHEDA 1

Esempio di calcolo della quantità di concime azotato da apportare in fertirrigazione in un oliveto maturo

Caratteristiche dell'oliveto e gestione colturale

Piante = mature, in produzione

Densità di impianto = 156 piante/ha

Potatura = annuale, materiale di potatura trinciato in campo

Gestione del suolo = inerbimento spontaneo, sfalciato almeno 2 volte all'anno

Suolo = sabbioso

Elementi del calcolo

Produzione media = 54 Kg/pianta/anno in peso fresco

Materiale di potatura = 36 Kg/pianta/anno in peso fresco

Foglie senescenti = 11.7 Kg/pianta/anno in peso fresco

Concentrazione di N nelle foglie senescenti = 0,76% (in peso secco)

Volume irriguo = 3000 mc/ha/anno

Concentrazione di N-NO₃ nell'acqua di irrigazione = 8 mg/litro o ppm

Bilancio nutrizionale per l'azoto

Voce Bilancio	Esigenze	Disponibilità
	g N/pianta	
Acqua di irrigazione (circa 19 m ³ /pianta/anno)*	-	137
Strutture vegetali permanenti (parte aerea ed ipogea)	-	-
Produzione	413	-
Materiale di potatura	182	91
Foglie senescenti	88	44
Totale	683	272
Differenza	411	
Apporto integrativo in fertirrigazione (coeff. di efficienza: 1,2)	493	

*Efficienza di utilizzo pari al fertilizzante minerale ($N_{utilizzato}/N_{apportato}=0,90$)

Piano di fertirrigazione settimanale elaborato in funzione del ritmo di assorbimento dell'azoto durante il ciclo vegetativo

Periodo	N g pianta ⁻¹
Ripresa vegetativa-allegagione (1 ^a settimana alla 14 ^a settimana)	14.6
1 ^a fase di crescita della drupa (15 ^a settimana alla 22 ^a settimana)	18.2
2 ^a fase di crescita della drupa-invaiatura (23 ^a settimana alla 32 ^a settimana)	14.3
Totale	493

SCHEDA 2

Esempio di calcolo della disponibilità azotata minerale del suolo

□ *Elementi del calcolo*

[N] = concentrazione di N minerale del suolo espresso in mg di N/Kg di suolo o ppm = 2,5 ppm

Da = densità apparente del suolo in t/m³ = 1,4 t/m³

Vb = volume interessato dall'intervento irriguo = Area 2.000 m² x Profondità media 0.50 m = 1.000 m³

Ps = peso suolo interessato dall'intervento irriguo = Vb x Da = 1.000 m³ x 1,4 t/m³ = 1400 t

□ *Calcolo disponibilità di N minerale in Kg*

N kg = ([N] in mg/Kg x Ps in Kg)/1000000 = (2,5 mg/Kg x 1.400.000 kg)/1.000.000 = 3,5 Kg

□ *Calcolo quota integrativa N minerale*

Ad esempio, ritenuta necessaria una disponibilità di almeno 8 Kg/settimana per la coltura arborea, come desunto dai ritmi di assorbimento per il periodo esaminato, si procederà alla distribuzione di 4,5 Kg di N. Il quantitativo da distribuire potrà essere aumentato del 20% qualora si vogliano considerare le perdite legate al metodo fertirriguo ed all'efficienza di utilizzo della coltura.

porzione epigea della pianta (foglie, fiori, frutti, rami). In regime asciutto, ancor di più in caso di siccità prolungata, si consiglia l'utilizzo di tale tecnica che rende indipendente la nutrizione della pianta dalla disponibilità idrica del suolo, interferisce minimamente con il ciclo umificativo del terreno ed ha una azione stimolante sull'attività dell'apparato radicale. Va però ricordato che questa pratica, sebbene efficace ed economica, non può sostituire la distribuzione al suolo dei macroelementi. L'integrazione fra le due tecniche di concimazione è auspicabile per ottenere livelli produttivi soddisfacenti soprattutto in oliveti inerbiti.

I parametri ambientali che influenzano l'efficienza delle concimazioni fogliari sono:

temperature dell'aria, luce, umidità relativa e ventosità. Questi determinano l'entità dell'evaporazione dell'acqua contenuta nella soluzione nutritiva, agiscono sulla funzionalità della foglia e sulle sue caratteristiche anatomiche. In generale si sconsiglia di effettuare le concimazioni fogliari in giornate caratterizzate da elevata domanda evapotraspirativa (umidità relativa: <70%; temperatura dell'aria: >25°C; ventosità: >8 Km/h) poiché l'acqua della soluzione tende ad evaporare rapidamente limitando così l'assorbimento dei nutrienti. Pertanto conviene intervenire quando la domanda evapotraspirativa è bassa, come avviene nelle prime ore del mattino o in serata. Eventuali piogge dopo l'applicazione dei concimi possono

provocare il dilavamento della soluzione soprattutto se si verificano prima della penetrazione dei nutrienti nei tessuti vegetali. In condizioni ambientali favorevoli, la percentuale di assorbimento può arrivare al 70% entro 24 ore dalla somministrazione.

La concimazione fogliare potrebbe essere utilizzata seguendo una strategia simile a quella della fertirrigazione (apporti continui di piccole dosi). Quando le applicazioni coincidono con i trattamenti fitosanitari occorre verificare la miscibilità dei prodotti utilizzati.

Si consiglia di intervenire prioritariamente nelle fasi di mignolatura, allegazione ed indurimento nocciolo con apporti contenuti di nutritivi. Un moderato apporto azotato (ad esempio 1-2% urea basso-biureto con volumi di circa 1.000 L/ha) può risultare utile ai fini di un incremento significativo dei fiori allegati e dei frutti non cascolati oppure può costituire un intervento di emergenza in fasi di particolare difficoltà della pianta (es. danni all'apparato radicale, forte competizione con le essenze da inerbimento, ecc.) o in annate caratterizzate da scarsa piovosità. Con tale tecnica, per piante con area fogliare oscillante tra 28 e 50 m², utilizzando urea all'1,5% ed assumendo una efficienza di assorbimento pari al 70%, si può assicurare un approvvigionamento di azoto per la singola pianta di 2,5 - 4,5 g a somministrazione. La concimazione fosfatica può essere realizzata apportando soluzioni di fosfato biammonico all'1-2% che risultano di pronto effetto; quella potassica con monofosfato di potassio (0,2-2%) che, se applicato prima della raccolta, sembra favorire l'abscissione delle drupe aumentando così l'efficienza della raccolta meccanica. La concimazione fogliare è sempre utile per superare eventuali manifeste deficienze di microelementi e sostituisce la concimazione al suolo in quei terreni in cui essi sono presenti in forme non disponibili per l'assorbimento.

8. Fertirrigazione

La presenza negli oliveti di sistemi irrigui localizzati consente di abbinare, in modo efficiente, la nutrizione minerale a quella idrica. Gli elementi nutritivi, sciolti nell'acqua di irrigazione, sono trasportati nel volume di suolo bagnato dove si concentrano, specialmente nei climi caldo-aridi, le radici con funzione assorbente. L'applicazione di volumi irrigui ridotti e frequenti, come conseguibile con il sistema di irrigazione a goccia (Figura 4), consente un rifornimento minerale puntuale e calibrato sugli effettivi fabbisogni che l'olivo presenta nelle differenti fasi fenologiche (sincronizzazione offerta/domanda). Inoltre i nutritivi, anche quelli meno mobili come potassio, fosforo e magnesio, possono raggiungere efficacemente il sistema radicale assorbente. Ne consegue una massimizzazione dell'efficienza dell'intervento fertilizzante, che evita i cosiddetti fenomeni di assorbimento di lusso e riduce le perdite, come nel caso dell'azoto, per lisciviazione e per via gassosa. Il miglioramento della risposta vegeto-produttiva della coltura derivante dalla aumentata efficienza della nutrizione si accompagna ad una riduzione dei costi dovuti a minori dosi di prodotti commerciali i cui prezzi di recente, sono significativamente aumentati.



Figura 4. Oliveto micro-irrigato. Con il sistema di irrigazione a goccia, è possibile distribuire i nutrienti secondo le necessità e la dinamica di assorbimento annuale della coltura.

La fertirrigazione si integra perfettamente negli oliveti inerbiti in cui la copertura erbacea ha la funzione di ottimizzare le condizioni di abitabilità per gli apparati radicali e mantenere bassi i livelli dei nutrienti come, ad esempio, l'azoto. In questo modo la fertirrigazione, assicurando la nutrizione dell'olivo tramite apporti limitati alla fascia bagnata dagli erogatori, può essere utilizzata come uno strumento per indirizzare ed ottimizzare lo sviluppo vegeto-riproduttivo dell'albero.

8.1. I fertilizzanti da utilizzare in fertirrigazione

La scelta del concime da impiegare in fertirrigazione va effettuata considerando, in primo luogo, il costo per unità fertilizzante, la sua solubilità e compatibilità con altri elementi minerali (Tabella 6), la qualità dell'acqua, il pH del suolo e le necessità nutrizionali della pianta. In un

concime idrosolubile è importante anche l'assenza di cloro tossico per molte colture, la purezza (% minima di residui insoluti), la velocità di solubilizzazione e la solubilità in relazione alle temperature dell'acqua (Tabella 7). In tabella 8 sono riportati i principali concimi azotati, fosfatici e potassici che possono essere distribuiti con l'acqua.

Per quanto riguarda i concimi azotati, l'urea risulta il meno costoso pur se il suo impiego determina un aumento del pH della soluzione (Tabella 7). All'inizio del ciclo annuale, in presenza di temperature del suolo non favorevoli alla trasformazione dell'azoto in forme assimilabili dalle piante, evenienza abbastanza rara a verificarsi nei climi meridionali, converrebbe impiegare formulati a base di azoto nitrico o ammoniacale.

Tabella 6. Tavola di miscibilità dei concimi più comuni per fertirrigazione (C= compatibile, L= limitatamente compatibile, X= incompatibile).

	Urea	NA	SA	NC	PMA	PMK	AP	NK	SMg	SOK
Urea	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C
Nitrato ammonico (NA)	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C
Solfato ammonico (SA)	C	C	L	L	C	C		L		
Nitrato di calcio (NC)	C	C	L	X	X	X	X	C	C	L
Fosfato monoam. (PMA)	C	C	C	X	C	C	C	C	X	C
Fosf. Monopotas. (PMK)	C	C	C	X	C	C	C	C	X	C
Acido fosforico (AP)	C			X	C	C	C	C	X	C
Nitrato di potassio (NK)	C	C	L	C	C	C	C	L	L	C
Solfato di Mg (SMg)	C	C		C	X	X	X	L	C	C
Solfato di K (SOK)	C	C		L	C	C	C	C	C	C

Tabella 7. Solubilità, pH della soluzione ed altre caratteristiche di alcuni concimi idonei per la fertirrigazione.

	Quantità massima (kg) solubilizzata in 100 L a 20 °C	Tempo di solubilizzazione (min)	pH soluzione	% insolubilizzato	Note
Urea	105	20	9,5	trascurabile	Abbassa la temperatura della soluzione
Nitrato ammonico NH ₄ NO ₃	195	20	5,6		Corrosivo per ferro e ottone galvanizzati
Solfato ammonico (NH ₄) ₂ SO ₄	43	15	4,5	0,5	Corrosivo per acciaio dolce
Fosfato monoammonico (PMA)	40	20	4,5	11	Corrosivo per acciaio al carbonio
Fosfato biammonico (PDA)	60	20	7,6	15	Corrosivo per acciaio al carbonio
Cloruro di potassio KCl	34	5	7-9	0,5	Corrosivo per ottone e acciaio dolce
Solfato di potassio K ₂ SO ₄	11	5	8,5-9,5	0,4-4	Corrosivo per acciaio dolce
Nitrato di potassio KNO ₃	31	3	10,8	0,1	Abbassa la temperatura della soluzione; corrosivo per i metalli

Tabella 8. Principali concimi utilizzati per la fertirrigazione.

Fertilizzanti	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	Mg	Ca	SO ₃
	Titolo					
Urea	46					
Solfato ammonico (NH ₄) ₂ SO ₄	21					60
Acido fosforico (AP)		54				
Fosfato monoammonico (PMA)	12	61				
Fosfato biammonico (PDA)	18	46				
Fosfato monopotassico (PMK)		52	34			
Solfato di magnesio MgSO ₄				16		32
Solfato di potassio K ₂ SO ₄			51			43
Solfato di Potassio e Magnesio			32	10		
Acido nitrico	11.8					
Nitrato ammonico NH ₄ NO ₃	34					
Nitrato di Calcio Ca(NO ₃) ₂	15				26	
Nitrato di potassio KNO ₃	13		44			
Cloruro di potassio KCl			61			
Urea fosfato	18	44				

L'acido fosforico, la cui nocività e corrosività richiede una gestione molto accorta, oltre a fornire il fosforo necessario alla coltura, acidifica la soluzione e pulisce le tubazioni. E' quindi un prodotto, pur se costoso, flessibile ed efficientemente utilizzabile per "aggiustamenti" del pH della soluzione fertirrigua. Data la sua elevata azione corrosiva, si impone l'uso di materiali adeguatamente resistenti. I concimi fosfato-monoammonico (PMA) e fosfato-diammonico (PDA) non sono così solubili come l'acido fosforico ma hanno il vantaggio di fornire anche azoto ammoniacale. Il loro utilizzo aumenta i pericoli di formazione di precipitati con acque d'irrigazione a elevato contenuto di calcio e/o di magnesio, provocando così occlusioni degli erogatori e problemi alle valvole.

Il nitrato di potassio viene maggiormente consigliato per la sua solubilità (Tabella 7) e per il suo contenuto in azoto. Altro prodotto interessante è costituito dal solfo nitrato di potassio che ha una forte azione acidificante e riduce la formazione di precipitati nell'impianto fertirriguo. Il solfato di potassio è poco impiegato nel settore della fertirrigazione in quanto la sua solubilità è relativamente bassa. Il cloruro di potassio è quello che fornisce potassio a prezzo più basso e se usato senza eccessi non determina fenomeni di tossicità nell'olivo che è pianta abbastanza tollerante al cloro ed alla salinità in generale.

I concimi liquidi sono certamente quelli di maggiore qualità ma hanno in generale costi più elevati e vedono il loro impiego soprattutto in colture ad alto reddito.

Microelementi sotto forma di chelati e solfati vengono utilizzati nel settore della fertirrigazione per correggere eventuali carenze. Essi sono sciolti ed aggiunti in soluzione nel serbatoio del fertirrigatore poco prima dell'intervento irriguo (Figura 5).



Figura 5. Serbatoio per la distribuzione dei concimi in fertirrigazione.

Nella Scheda 3 è riportato un esempio di calcolo del quantitativo di prodotto commerciale da utilizzare assegnata la concentrazione di nutritivo da conseguire nella soluzione fertilizzante.

8.2. Modalità di distribuzione del fertilizzante

La distribuzione del fertilizzante dovrebbe incominciare dopo qualche minuto dall'inizio dell'erogazione dell'acqua, quando l'impianto ha raggiunto la pressione di funzionamento, e concludersi prima della completa distribuzione del volume irriguo fissato. In tal modo viene assicurato il lavaggio dell'impianto e ridotto il rischio di formazione di incrostazioni causate da eventuali residui di fertilizzante (Figura 6).



Figura 6. Incrostazione dell'erogatore. L'utilizzo dei concimi quali quali il fosfato-monoammonico (PMA) e il fosfato-biammonico (PDA) con acque d'irrigazione a elevato contenuto di calcio e/o di magnesio può determinare la formazione di precipitati che provocano la occlusione degli erogatori.

SCHEDA 3

Calcolo del quantitativo di prodotto commerciale da utilizzare assegnata la concentrazione di nutritivo da conseguire nella soluzione fertilizzante

Elementi del calcolo

Numero di piante per ettaro = 278 p/ha

Numero di erogatori per pianta = 4 erogatori/pianta

Numero di erogatori per ettaro = $4 \times 278 = 1112$ erogatori/ha

Portata oraria del singolo erogatore = 4 L/h

C1 = Concentrazione in mg/L finale della soluzione fertilizzante = 50 mg/L o ppm

Q1 = Portata in L/h/ha dell'impianto = $1112 \text{ erogatori} \times 4 \text{ L/h} = 4448 \text{ L/h}$

Q2 = Valore di iniezione del fertilizzante (mL per minuto) = 1000 mL/minuto

f = $100 / \text{Titolo fertilizzante del prodotto commerciale ovvero } 100 / 15,5 = 6$

Calcolo

C2 = Quantitativo in Kg/L di fertilizzante da aggiungere nella vasca di fertirrigazione

$$\begin{aligned} C2 &= (C1 \times f \times Q1) / (Q2 \times 60000) = \\ &= (50 \text{ mg/L} \times 6 \times 4448 \text{ L/h}) / (1000 \times 60000) = \\ &= 0,022 \text{ Kg/L} \end{aligned}$$

Se il serbatoio del fertilizzante ha una capacità di 200 L si utilizzeranno $0,022 \text{ Kg/L} \times 200 \text{ L} = 4,4 \text{ Kg}$ di prodotto commerciale con titolo 15.5-0-0

Suggerimenti

- Nella preparazione delle soluzioni fertirrigue prestare particolare attenzione quando si utilizzano fertilizzanti solidi. Riempire di acqua il serbatoio fino alla metà, versare lentamente il fertilizzante agitando e aggiungendo acqua fino al livello finale.
- L'immissione del concime dovrebbe cominciare dopo qualche minuto dall'inizio dell'erogazione dell'acqua, quando l'impianto ha raggiunto la pressione di funzionamento, e terminare 30 minuti prima della fine dell'intervento irriguo.
- Nei climi meridionali la scelta del fertilizzante azotato ricadrà sul prodotto a minore costo per unità fertilizzante in quanto le condizioni climatiche determinano una veloce nitrificazione che rende i differenti concimi pressoché equivalenti.
- Il fosfato monoammonico (AMP) e le altre forme di fosfato non dovrebbero essere utilizzati con magnesio solfato poiché si determina la formazione di fosfati magnesiaci insolubili che possono occludere gli erogatori.
- I concimi a base di calcio non devono essere utilizzati con i prodotti fosfatici. La fertirrigazione calcica deve essere realizzata separatamente.
- Nei terreni leggeri e/o superficiali è consigliabile distribuire i concimi potassici e soprattutto azotati nella fase terminale dell'erogazione dell'acqua per evitare fenomeni di allontanamento dei nutritivi mobili dall'apparato radicale (Figura 9A).
- Nei terreni con elevata capacità di ritenzione idrica ed in presenza di elementi minerali poco mobili nel suolo (P e, in minor misura, K) si suggerisce di distribuire i concimi all'inizio di ogni intervento irriguo per favorirne l'approfondimento (Figura 9B).

L'introduzione del concime nel sistema di irrigazione può essere di tipo proporzionale, quando la concentrazione del fertilizzante nella soluzione irrigua è costante durante il periodo di distribuzione, oppure quantitativa, quando invece la concentrazione decresce nel corso dell'intervento fertirriguo (Figura 7).

La distribuzione dei fertilizzanti nel bulbo di terreno bagnato dall'irrigazione è strettamente correlato al momento della loro immissione nell'impianto irriguo. Essa risulta più uniforme se il concime viene immesso secondo la modalità proporzionale (Figura 8B); invece, una distribuzione secondo la modalità quantitativa determina una maggiore presenza del concime negli strati più profondi (Figura 8A). Se l'intervento irriguo deve svolgere anche una funzione dilavante dei sali, l'immissione del fertilizzante deve avvenire solamente nella parte finale dell'intervento. Ciò determina una maggior presenza del concime negli strati superficiali del terreno (Figura 8C).

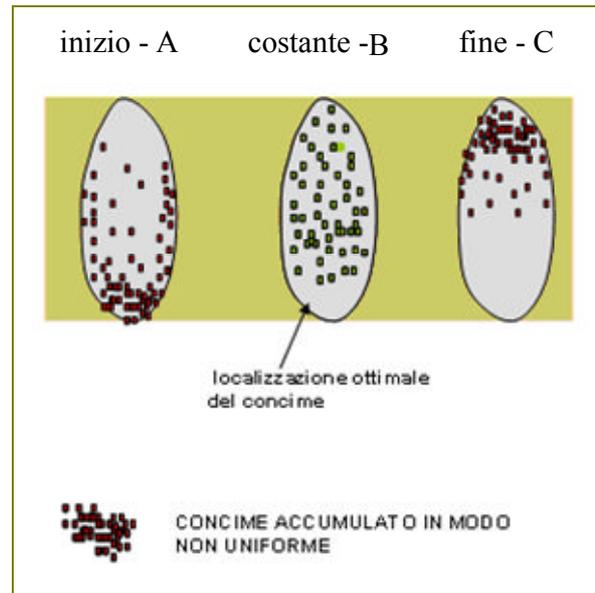


Figura 8. Distribuzione nel terreno del nutriente in funzione della modalità di immissione del concime nel sistema irriguo: ad inizio intervento irriguo – modalità quantitativa (A); costante durante l'intervento irriguo (B); a fine intervento irriguo (C). Le aree in grigio identificano il bulbo irriguo.

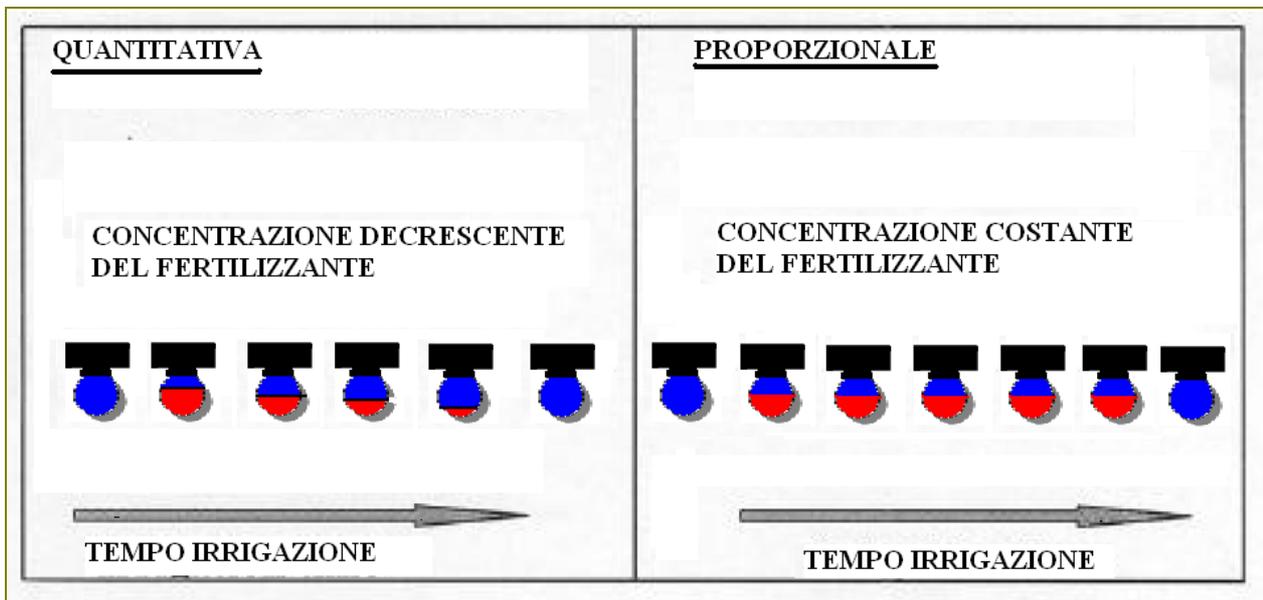


Figura 7. Modalità di apporto del fertilizzante nel corso dell'intervento fertirriguo.

Nel caso di elementi molto mobili, come l'azoto, è necessario tenere in considerazione anche la tipologia di terreno la quale influenza significativamente il movimento dell'acqua al suo interno. Nei terreni sabbiosi e/o superficiali è preferibile distribuire i concimi azotati nella fase terminale dell'intervento irriguo (Figura 9A); nei terreni argillosi con elevata capacità di ritenzione idrica conviene invece distribuirli all'inizio dell'intervento in corrispondenza dei volumi di suolo in cui si concentrano le radici (Figura 9B).

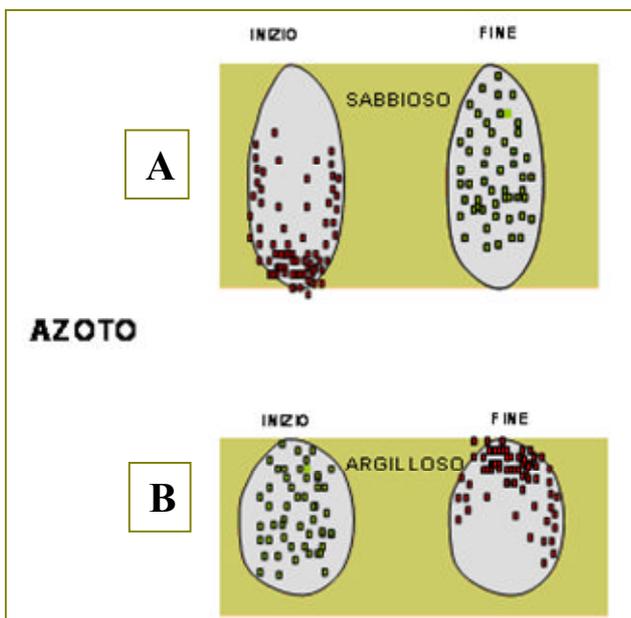


Figura 9. Distribuzione del concime azotato in funzione del tipo di terreno (sabbioso – A; argilloso – B) e della modalità di immissione del concime nel sistema irriguo (ad inizio e a fine intervento irriguo). Le aree in grigio identificano il bulbo irriguo.

9. Analisi del terreno e diagnostica fogliare

E' estremamente consigliabile far precedere l'impianto dell'oliveto da una analisi pedologica completa associata a dettagliate analisi del suolo. In particolare, quando si sviluppa un programma

di fertirrigazione è buona norma conoscere la disponibilità di partenza dei nutritivi del suolo al fine di consentire successivi aggiustamenti nel piano fertirriguo ed evidenziare, ad esempio, fenomeni di incipiente salinizzazione.

E' buona norma ripetere le analisi del terreno ogni 4 - 5 anni, evitando analisi annuali che risultano costose e poco utili ad apprezzare variazioni che si verificano su tempi medio-lunghi (es. contenuto in sostanza organica del suolo). In particolare, l'analisi dei parametri chimici consente di valutare la fertilità del terreno e orientare gli apporti di specifici elementi fertilizzanti.

La condizione nutritiva degli olivi può essere accertata attraverso la diagnostica fogliare e la valutazione dell'aspetto vegetativo (valutazione di quadri sintomatici da carenze o da eccessi nutrizionali). Il campionamento per le analisi fogliari deve essere realizzato secondo le indicazioni riportate in Tabella 9.

Sarebbe auspicabile un campionamento alla fioritura, per evidenziare precoci carenze legate ad elementi quali calcio e magnesio, ed uno in coincidenza del riposo invernale al fine di esaminare gli elementi nutritivi mobili (azoto, fosforo, potassio). Ma i costi non trascurabili, associati alla esecuzione delle analisi fogliari, e la necessità di controllare principalmente la nutrizione azotata, suggeriscono di effettuare il solo campionamento nella fase di riposo invernale. I valori standard di riferimento, riportati in Tabella 10, sono del tutto indicativi. Infatti la concentrazione degli elementi minerali varia in funzione della varietà, della fase fenologica in cui si effettua il prelievo, delle condizioni ambientali e di gestione colturale.

Tabella 9. Il campionamento delle foglie di olivo per la diagnostica fogliare.

N° piante	N° Rami per pianta	N° Foglie per ramo	Epoca di campionamento	N° Totale Foglie
20	4 un ramo dell'anno per ogni punto cardinale della chioma	Tutte tranne le quattro basali e le quattro distali	I – Fioritura II – Riposo Invernale	Variabile

Tabella 10. Concentrazioni (in % sulla sostanza secca) di elementi nutritivi in foglie di olivo.

Elemento	Livello	
	Basso	Adeguate
Azoto - N (%)	< 1,2	1,8-2,2
Fosforo - P (%)	< 0,08	0,1-0,2
Potassio - K (%)	< 0,8	1,2-1,5
Calcio - Ca (%)	< 0,5	1,5-2,5
Magnesio - Mg (%)	< 0,06	0,1-0,2

10. Fertilizzazione nelle aziende olivicole gestite in modo “organico-biologico”

Le tecniche di concimazione nella olivicoltura “organica” o “biologica” sono finalizzate essenzialmente ad aumentare la frazione di elementi nutritivi legati alla sostanza organica del terreno e a migliorare le condizioni per la sua mineralizzazione, in modo che il rilascio dei nutrienti assecondi il fabbisogno della coltura. Tali obiettivi si concretizzano nelle seguenti azioni:

- apporto di materiale organico in quantità tali da compensare almeno le perdite annuali di carbonio organico dal suolo;
- differenziazione nel tempo e nello spazio della tipologia di materiale organico apportato al fine di stimolare l'attività di microrganismi in grado di controllare quelli patogeni;
- riciclo del materiale di potatura prodotto dall'oliveto;
- impiego di piante erbacee di copertura da sottoporre a sovescio: di fatto esse aumentano la

frazione dei nutrienti del terreno derivanti dai processi di demolizione della sostanza organica. Nel caso si eseguano semine di leguminose, si può determinare un significativo incremento della fertilità azotata del suolo grazie alla simbiosi che instaurano con batteri azoto fissatori;

- adozione dell'inerbimento, costituito da essenze spontanee o seminate, come tecnica per la gestione del terreno;

- uso di fertilizzanti organici, considerando la loro funzione prevalente di tipo nutrizionale o migliorativa delle qualità fisiche del suolo.

In Tabella 11 vengono riportate le caratteristiche nutrizionali di alcuni ammendanti organici commerciali o prodotti in azienda (ammendante compostato, letame, *etc.*).

Di fatto, l'impiego delle pratiche sopra riportate è mirato anche a ripristinare o aumentare il tenore in sostanza organica che influenza positivamente molte caratteristiche del terreno come la biodiversità della fauna e dei microrganismi, la stabilità degli aggregati, la porosità, l'infiltrazione

dell'acqua, il drenaggio, la capacità di ritenzione idrica, la densità apparente, la resistenza alla

formazione di croste ed al compattamento.

Tabella 11. Contenuto di azoto totale (N tot) ed organico (N org), fosforo, potassio, calcio e rapporto C/N di alcuni ammendanti (% s.s).

Tipologia di fertilizzante	Ntot	Norg	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	C/N
Cornungia naturale		14,0				2,1
Sangue fluido	5,7	5,3				2,9
Epitelio animale idrolizzato fluido	8,6	8,5				3,0
Carniccio fluido in sospensione	5,4	5,3	6,5		8,7	3,1
Pelli e crini		11,8				3,5
Sangue secco		12,7				3,5
Cuoio e pelli idrolizzate		11,0				3,6
Concime organo minerale NPK	5,2	5,2	7,0	9,1	10,8	3,6
Concime organo minerale NP	4,7	4,7	13,2	5,5	13,9	3,8
Epitelio animale idrolizzato	7,6	8,9			11,5	3,8
Concime organo minerale NK	4,8	4,9		13,6		3,9
Borlanda fluida	3,3	2,5	6,0	5,4	8,0	4,3
Farina di carne (carniccio)		7,8				4,5
Residui di macellazione idrolizzati	5,0	7,5	7,3		14,0	5,0
Estratto unico derivante da acque di vegetazione delle olive	5,0	5,0				6,0
Miscela di concimi organici NP	5,1	6,5	6,1	4,3	11,5	6,0
Panelli		4,7			8,0	6,7
Miscela di concimi organici azotati	7,8	7,6	3,2	4,5	13,3	7,2
Concime organico NP di origine animale e vegetale	3,6	3,0	2,6			7,8
Pollina essiccata	3,2	2,9	3,1	2,4		8,2
Letame essiccato	3,0	2,2	2,2	1,7	20,0	8,5
Ammendante animale idrolizzato	8,0	2,6				9,9
Letame	2,0	2,4				13,5
Ammendante compostato misto	2,5	5,8	1,4	1,5		15,2
Ammendante vegetale semplice non compostato		1,3				33,6
Cuoio torrefatto		10,1				

L'efficacia degli interventi fertilizzanti che ricorrono all'impiego di materiale organico, quali ammendanti compostati e letame, dipende dal grado di stabilizzazione del prodotto utilizzato e dal fabbisogno del sistema "oliveto + cotico erbaceo". I quantitativi di ammendante da utilizzare sono definiti dall'entità di azoto potenzialmente disponibile; nel calcolarli è necessario considerare non soltanto l'azoto disponibile dall'apporto annuale, ma anche quello derivante dalla mineralizzazione del materiale distribuito negli anni precedenti. I coefficienti di mineralizzazione azotata dipendono dal rapporto C/N del materiale organico distribuito e variano orientativamente fra 0.5 (C/N<10) e 0.1 (C/N>20) per l'anno in cui il materiale viene apportato. Alle volte i ritmi di mineralizzazione dell'ammendante compostato e del letame possono non corrispondere alla richiesta di nutritivi da parte della pianta, soprattutto quando essa è consistente. In questi casi può essere utile ricorrere ad ammendanti a "pronto effetto", a funzione prevalentemente nutrizionale, come ad esempio carniccio, pollina, borlanda, idrolizzati, *etc.*, oppure, quando consentito, a fertilizzanti minerali distribuiti a piccole dosi in fertirrigazione o per via fogliare. A titolo di esempio si riporta nella Scheda 4 una procedura semplificata per la stima degli apporti di materiale organico finalizzati al mantenimento dell'equilibrio della dotazione in humus del terreno.

11. Fertilizzazione e caratteristiche del prodotto

Una fertilizzazione razionale deve mirare all'ottenimento di produzioni di elevato standard qualitativo.

Di fatto, gli apporti fertilizzanti possono influenzare la composizione dell'olio di oliva e, pertanto, la sua qualità merceologica, nutrizionale-salutistica, sensoriale ed igienico-sanitaria. Alcuni Autori ritengono che dosi eccessive di nutrienti (particolarmente azoto, ma anche fosforo e potassio, in combinazione o distribuiti singolarmente) possono determinare una riduzione del contenuto in polifenoli totali e, di conseguenza, un decremento della stabilità ossidativa dell'olio e della sua conservabilità, ed una riduzione delle sensazioni di amaro e piccante, attributi organolettici positivi connessi alla loro presenza. Dosi crescenti di fertilizzanti (in rapporti costanti di N-P-K) indurrebbero anche una alterazione della composizione in acidi grassi dell'olio di oliva con riduzione degli acidi grassi monoinsaturi (specificatamente di acido oleico), importanti per la prevenzione di malattie del sistema cardio-vascolare, ed aumento di quelli polinsaturi (precisamente di acido linoleico e linoleico).

Se da un lato quantità crescenti di N-P-K influenzano positivamente alcuni parametri fondamentali per la qualità merceologica delle olive da mensa (peso fresco, volume, diametro longitudinale ed equatoriale, rapporto polpa nocciolo), dall'altro inducono un significativo peggioramento di altre caratteristiche altrettanto importanti e funzionali all'ottenimento di olive da tavola di qualità (aumento del contenuto idrico dei frutti, decremento degli zuccheri riducenti, necessari per i processi fermentativi, dei polifenoli e della consistenza della polpa).

SCHEDA 4

Stima del Carbonio organico da apportare per conseguire l'equilibrio della dotazione in humus del suolo – procedura semplificata

La stima degli apporti (t/ha/anno) di materia organica (MO) per conseguire l'equilibrio della dotazione di humus del suolo è realizzabile, secondo una procedura semplificata, applicando la seguente formula:

$$\text{Humus (t/ha)} * K_1 = \text{MO (t/ha)} * K_2$$

per cui

$$\text{MO (t/ha)} = \text{Humus (t/ha)} * K_1 / K_2$$

dove

□ Humus (t/ha) = è il contenuto totale humus del suolo per la profondità considerata calcolato come

$$\text{Humus (t/ha)} = D_a \text{ suolo (t/m}^3) * \text{Volume del suolo (m}^3) * \% \text{ humus} / 100$$

in cui

Volume suolo = 10000 m² * profondità (m)

D_a suolo = densità apparente del suolo come funzione della tessitura del suolo e del % di humus (es. terreno franco D_a = 1.2 t/m³)

□ K₁ = coefficiente di mineralizzazione dell'humus del suolo (ovvero la frazione di humus persa in un anno) stimabile applicando la seguente relazione (Mary e Guérif, 1984)

$$K_1 = (1200 * F_0) / [(200 + A) * (200 + 0.3 * \text{Carb})]$$

in cui

K₁ = Coefficiente di mineralizzazione

F₀ = 0.2 * (Temperatura media annua dell'aria - 0.5)

A = Contenuto in argilla (g/kg suolo)

Carb = Contenuto in carbonati (g/kg suolo)

□ K₂ = coefficiente isoumico del materiale organico disponibile (ovvero la resa in humus)

generalmente assunto pari a valori oscillanti intorno a 0.5 per il letame; 0.3-0.4 per il compost; 0.3 per i residui di potatura; 0.2 per residui di graminacee e 0.1 per residui di leguminose.

Esempio di calcolo per un oliveto coltivato su suolo franco, inerbito con graminacee (periodo autunno-invernale) e da cui sono allontanati i residui di potatura

Elementi del calcolo

humus = 2% Carbonati suolo = 50 g/kg Argilla = 300 g/kg
 $D_a = 1.2 \text{ t/m}^3$ T media annua = 15°C
Biomassa derivante dall'inerbimento, $MO_{\text{Inerbimento}} = 2 \text{ t/ha s.s.}$
Profondità del suolo considerata = 0.3 m Disponibilità di letame

Calcolo della dotazione in Humus del suolo

$$\begin{aligned} \text{Humus (t/ha)} &= D_a \text{ suolo (t/m}^3) * \text{Volume del suolo (m}^3) * \% \text{ humus} / 100 \\ \text{Humus (t/ha)} &= 1.2 \text{ (t/m}^3) * 0.3 \text{ m} * 10000 \text{ m}^2 * 2/100 = 72 \text{ t/ha} \end{aligned}$$

Calcolo K_1

$$\begin{aligned} K_1 &= (1200 * F_0) / [(200 + A) * (200 + 0.3 * \text{Carb})] = \\ &= (1200 * 0.2 * (15 - 0.5)) / [(200 + 300) * (200 + 0.3 * 50)] = 0.032 \end{aligned}$$

Calcolo degli apporti di letame (MO_{letame} t/ha espressa in sostanza secca) per la condizione di equilibrio

$$\begin{aligned} \text{Humus (t/ha)} * K_1 &= MO_{\text{Inerbimento}} * K_{2\text{inerbimento}} + MO_{\text{letame}} \text{ (t/ha)} * K_{2\text{letame}} \\ 72 \text{ t/ha} * 0.032 &= 2 \text{ t/ha} * 0.2 + MO_1 \text{ (t/ha)} * 0.5 \end{aligned}$$

da cui

$$MO_{\text{letame}} = [72 \text{ (t/ha)} * 0.032 - 2 \text{ (t/ha)} * 0.2] / 0.5 = 3.9 \text{ t/ha s.s.}$$

equivalenti a 19.5 t/ha di letame fresco al 20% di sostanza secca.

Per approfondimenti

- Barranco D., Arquero O., Navarro C., Rapoport H.F., 2004. Monopotassium phosphate for olive fruit abscission. *HortScience*, 39: 1313-1314.
- Celano G., Dichio B., Montanaro G., Nuzzo V., Palese A.M., Xiloyannis C., 1999. Distribution of dry matter and amount of mineral elements in irrigated and non-irrigated olive trees. *Acta Horticulturae*, 474: 381-385.
- Celano G., Palese A.M., Xiloyannis C., 2003. Gestione del suolo. Olea: Trattato di Olivicoltura. (a cura di Piero Fiorino). Il Sole 24 ORE Edagricole S.r.L., pp 349-363.
- Cimato A., Franchini E., Attilio C., 2004. Esigenze nutrizionali dell'olivo e fertilizzazione dell'oliveto. ARSIA, Regione Toscana, pp. 144.
- Dag A., Ben-David E., Kerem Z. Ben-Gal A., Erel R., Basheer L., Yermiyahu U., 2009. Olive oil composition as a function of nitrogen, phosphorus and potassium plant nutrition. *J Sci Food Agric* 2009; 89: 1871–1878.
- Di Marco L., 1981. La Concimazione. In: AA.VV. L'olivo. Frutticoltura anni 80, Reda, Roma, pp. 80-93.
- Failla O., Scienza A., Stringari G., Porro D., Tarducci S., Bazzanti N., Toma M., 1997. Diagnostica fogliare per l'olivicoltura toscana. *L'Informatore Agrario*, 39: 63-71.
- Fernández-Escobar R., 1997. El cultivo del olivo. Junta de Andalucía, Ediciones Mundi-Prensa, Madrid: 231-249.
- Fernández-Escobar R., 2011. Use and abuse of nitrogen in olive fertilization. *Acta Horticulturae*, 888: 249-257.
- Fernández-Escobar R., Beltran G., Sanchez-Zamora M. A., Garcia-Novelo J., Aguilera M. P., Uceda, M., 2006. Olive oil quality decreases with nitrogen over-fertilization. *HortScience*, 41 (1): 215–219.
- García J.K., Liñán J., Sarmiento R. and Troncoso A., 1999. Effects of different N forms and concentrations on olive seedlings growth. *Acta Horticulturae*, 474: 323-327.
- Klein I., Weinbaum S.A., 1984. Foliar application of urea to olive: translocation of urea nitrogen as influenced by sink demand and nitrogen deficiency. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.*, 109 (3): 356-360.
- Klein I., Weinbaum S.A., 1985. Foliar application of urea to almond and olive: leaf retention and kinetics of uptake. *Journal of Plant Nutrition*, 8 (2): 117-129.
- Molné Ramón i Domingo. 1999. Orchard fertigation in the mediterranean area. Fertigation in Israel. IFA Agricultural conference on managing plant nutrition. Barcelona, Spain 29 June - 2 July 1999, www.fertilizer.org
- Montag Uzi, 1999. Fertigation in Israel. IFA Agricultural conference on managing plant nutrition. Barcelona, Spain 29 June - 2 July 1999, www.fertilizer.org
- Morales-Sillero A., Fernández J.E., Troncoso A., 2011. Pros and cons of olive fertigation: influence on fruit and oil quality. *Acta Horticulturae*, 888: 269-275.
- Nuzzo V., Xiloyannis C., Dichio B., Montanaro G., Celano G., 1997. Growth and yield in irrigated and non-irrigated olive trees cultivar Coratina over four years after planting. *Acta Horticulturae*, 449: 75-82.
- Palese A.M., Celano G., Xiloyannis C. 2000. Le esigenze nutrizionali dell'olivo. *Rivista di Frutticoltura*, 10: 50-53.
- Rotundo A., Lombardo N., Marone E., Fiorino P., 2003. La nutrizione minerale e le concimazioni. Olea: Trattato di Olivicoltura. (a cura di Piero Fiorino). Il Sole 24 ORE Edagricole S.r.L., pp 331-347.
- Xiloyannis C, Celano G., Palese A.M., Dichio B., Nuzzo V., 2002. Mineral nutrients uptake from the soil in irrigated olive trees, cv Coratina, over six years after planting. *Acta Horticulturae*, 586: 453-456.