

LA DIAGNOSI FOGLIARE IN ORTICOLTURA

Guida alla comprensione e all'utilizzo delle analisi fogliari

a cura di
Massimo Valagussa

con la collaborazione di
Giovanni D'Angelo, Piero Frangi, Lucia Papponi*
Raffaella Scaccabarozzi, Claudia Bernasconi**

Fondazione Minoprio*
Viale Raimondi, 54 – 22070 Vertemate con Minoprio (CO)
Tel.: 031900224 Fax: 031900248 – E-mail: mirtserv@fondazioneminoprio.it
www.fondazioneminoprio.it

MAC – Minoprio Analisi e Certificazioni S.r.l.**
Viale Raimondi, 54 – 22070 Vertemate con Minoprio (CO)
Tel.: 031887127 Fax: 031887834 – E-mail: maclab@tin.it

Il presente Quaderno continua la serie di pubblicazioni tecniche che da qualche anno Fondazione Minoprio, con la preziosa collaborazione di MAC Minoprio Analisi e Certificazioni, realizza nell'ambito delle attività di informazione finanziate dal Programma di Sviluppo Rurale della Regione Lombardia, Direzione Generale Agricoltura.

Nello specifico della presente pubblicazione viene trattato ed approfondito il tema della diagnosi fogliare in orticoltura, indispensabile strumento ai fini di una razionalizzazione delle tecniche colturali, in particolare delle concimazioni.

Inoltre il Quaderno fornisce una serie di tabelle di riferimento per ogni singola coltura che risultano essere indispensabili per l'interpretazione dei dati analitici di laboratorio, per una corretta diagnosi del problema e per l'adeguata pianificazioni degli interventi correttivi.

Colgo l'occasione della presente pubblicazione per ringraziare la Regione Lombardia, Direzione Generale Agricoltura, per l'affidamento a Fondazione Minoprio di questa importante attività di divulgazione tecnica, che sono certo proseguirà nel futuro con altre pubblicazioni.

Franco Ezio Pallavicini
Presidente della Fondazione Minoprio

INDICE

PREFAZIONE	Pag. 3
GLI ELEMENTI MINERALI ESSENZIALI PER LE PIANTE	Pag. 4
MACROELEMENTI ESSENZIALI	Pag. 5
MICROELEMENTI ESSENZIALI	Pag. 11
GLI ELEMENTI MINERALI NON ESSENZIALI	Pag. 14
METALLI PESANTI	Pag. 15
TOSSICITA' DEGLI ELEMENTI	Pag. 15
FATTORI CHE INFLUENZANO LE CONCENTRAZIONI DI ELEMENTI NEI VEGETALI	Pag. 15
MODALITA' DI CAMPIONAMENTO	Pag. 21
ANALISI IN LABORATORIO	Pag. 24
ESPRESSIONE DEI RISULTATI DI LABORATORIO	Pag. 25
ANALISI DI CAMPO	Pag. 25
UTILIZZO ED INTERPRETAZIONE DEI RISULTATI	Pag. 26
APPENDICE:	
TABELLE INTERPRETATIVE DELLE ANALISI FOGLIARI	Pag. 31
FOTOGRAFIE RELATIVE AD ALCUNE CARENZE FOGLIARI	Pag. 63

“LA DIAGNOSI FOGLIARE IN ORTICOLTURA”

PREFAZIONE

I tessuti fogliari delle piante assorbono anidride carbonica dall'aria e, utilizzando l'energia solare, producono carboidrati, proteine e grassi. Naturalmente l'acqua ed i sali minerali assorbiti dalle radici giocano un ruolo fondamentale a sostegno di questo complicato processo metabolico.

Quando tutti i fattori ambientali della produzione sono a livello ottimale, la pianta può esprimere la massima potenzialità produttiva che la genetica le permette; nella realtà la contemporaneità del livello ottimale di tutti i fattori della produzione non esiste: per questo motivo si parla di produttività reale, legata a specifici ambienti e condizioni di coltivazione.

Il livello di concentrazione nei tessuti vegetali di un qualsiasi elemento minerale è correlato con i diversi fattori della produzione e, conseguentemente, con la produttività stessa della pianta.

La conoscenza del livello nutrizionale degli organi vegetali delle piante permette di poter diagnosticare la presenza di situazioni anomale, quali carenze o eccessi di uno o dell'altro elemento e, sulla base dell'analisi oggettiva di tutti i fattori della produzione - principalmente le condizioni pedoclimatiche unitamente alle tecniche colturali e alle condizioni fitosanitarie - pianificare interventi di soccorso o di tipo risolutivo.

Già nel 1840 Von Liebig considerava le analisi degli organi vegetali un metodo per valutare le asportazioni globali di elementi nutritivi da parte delle piante.

Per tale motivo, soprattutto in particolari settori produttivi quali la frutticoltura e l'orticoltura, la *diagnosi fogliare* è diventata uno strumento di enorme utilità, non solo da un punto di vista diagnostico; quando viene utilizzata unitamente all'analisi del “*substrato di crescita*”, permette di mettere a punto adeguate tecniche agronomiche per ottenere il maggior beneficio economico dal sistema suolo-pianta.

GLI ELEMENTI MINERALI ESSENZIALI PER LE PIANTE

Gli elementi minerali essenziali per la crescita delle piante sono 16, suddivisi in macro e micro elementi (Tabella 1). La suddivisione in due classi si basa sul livello di concentrazione considerato sufficiente per una normale crescita dei vegetali; in genere i macroelementi sono presenti nei tessuti vegetali delle piante in concentrazioni da 10 a 5.000 volte superiori rispetto ai microelementi.

Tabella 1 - Elementi essenziali per le piante

macroelementi	microelementi
carbonio (C)	boro (B)
idrogeno (H)	cloro (Cl)
ossigeno (O)	rame (Cu)
calcio (Ca)	ferro (Fe)
magnesio (Mg)	manganese (Mn)
azoto (N)	molibdeno (Mo)
fosforo (P)	zinco (Zn)
potassio (K)	
zolfo (S)	

Per poter considerare un elemento “essenziale” per la crescita delle piante, devono essere fondamentalmente soddisfatti tre criteri (Arnon e Stuart, 1939):

1. l'assenza dell'elemento provoca crescita abnorme, non completamento del ciclo di vita della pianta, ovvero morte precoce;
2. l'elemento deve essere specifico e non sostituibile da altri elementi;
3. l'elemento deve esercitare il suo effetto sulla crescita e/o sul metabolismo in maniera diretta, non attraverso effetti indiretti quale, a titolo di esempio, un antagonismo verso un altro elemento presente a livelli di tossicità.

Per taluni ricercatori altri elementi, quali il sodio (Na), il silicio (Si), il cobalto (Co), il nichel (Ni), il selenio (Se), l'alluminio (Al) influenzano la crescita e lo sviluppo delle piante, malgrado non soddisfino completamente i tre criteri precedentemente esposti; questi elementi funzionano parzialmente come elementi essenziali e vengono considerati elementi benefici.

Carbonio, ossigeno e idrogeno vengono recuperati dai vegetali direttamente attraverso l'aria e l'acqua ed utilizzati nel processo fotosintetico attraverso il quale acqua e anidride carbonica si combinano e generano carboidrati e ossigeno, secondo la seguente equazione:



Gli altri elementi essenziali derivano principalmente dal suolo o dal substrato di crescita utilizzato.

Una concentrazione media di sufficienza dei principali elementi minerali contenuti nelle piante è fornita in Tabella 2.

Tabella 2 – Concentrazione media elementi nelle piante

elemento	% s.s.	ppm s.s. (mg/kg)
azoto	1,5	
fosforo	0,2	
potassio	1,0	
calcio	0,5	
magnesio	0,2	
cloro		100
ferro		100
manganese		50
rame		6
zinco		20
boro		20
molibdeno		0,1

Fonte Epstein, 1965

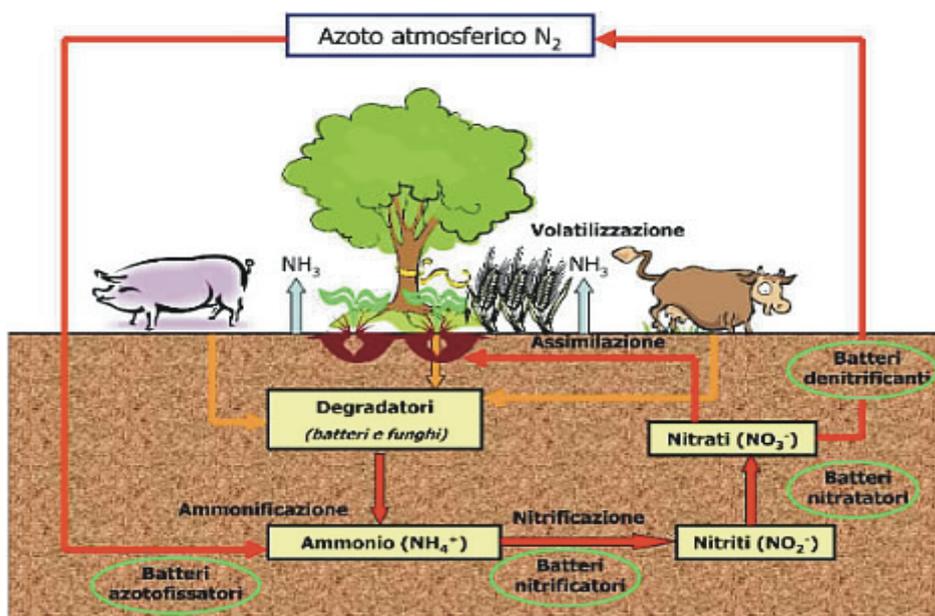
A seguire una sintetica, ma esaustiva esposizione sul ruolo dei principali elementi minerali essenziali per le piante.

MACROELEMENTI ESSENZIALI

Azoto (N)

L'azoto è presente nel suolo principalmente in forma organica (95%) ed in minima parte come ammonio (NH_4^+) e nitrato (NO_3^-), ovvero forme inorganiche legate alle componenti minerali e/o presenti nella soluzione circolante; queste ultime due forme sono quelle principalmente utilizzate dai vegetali per l'assorbimento radicale. Anche il nitrito (NO_2^-), forma intermedia fra azoto ammoniacale e azoto nitrico, riveste un ruolo nella disponibilità di azoto per le piante, ma risulta fitotossico a bassissime concentrazioni (< 5 ppm).

Figura 1 - Schematizzazione ciclo dell'azoto



Fonte Nicola Colonna, 2008

La determinazione analitica della presenza di azoto totale nel suolo è di poca utilità per una valutazione nel breve periodo della disponibilità delle forme assorbibili da parte delle piante, ma può fornire un'indicazione di disponibilità nel tempo; la determinazione delle forme minerali (nitrico e ammoniacale) sono invece una fotografia istantanea della disponibilità in quel preciso momento, in determinate condizioni fisico-chimico-biologiche del suolo.

La dinamica dell'azoto nel suolo è assai complessa ed è direttamente correlata alla presenza, qualità ed attività dei microrganismi presenti e, conseguentemente, alle condizioni di aerobiosi (dipendente dalla tessitura e struttura del terreno), reazione (pH) e temperatura del terreno.

L'azoto organico subisce processi di mineralizzazione ad opera dei microrganismi del suolo, nello specifico ammonizzazione (produzione di azoto in forma ammoniacale) e nitrificazione (trasformazione della forma ammoniacale in forma nitrica).

L'azoto può giungere al suolo anche attraverso la fissazione dell'azoto elementare presente nell'atmosfera ad opera di microrganismi che sono presenti nel terreno sia in forma libera che in simbiosi con i vegetali presenti. L'azoto fissazione avviene per la maggior parte dei microrganismi in condizioni di anaerobiosi; per tale motivo nei suoli lavorati e arieggiati l'attività di fissazione è modesta. I quantitativi di azoto fissati dai microrganismi in forma libera sono agronomicamente poco rilevanti, mentre sono significativi per quelli che vivono in simbiosi (fino a 400 kg/ha anno di azoto per *Rhizobium* su trifoglio e erba medica). Una minima quantità di azoto (5-15 kg/ha anno) arriva al terreno con le piogge.

Oltre ai processi di ammonizzazione e nitrificazione si hanno nel suolo processi di denitrificazione operati da microrganismi anaerobi che utilizzano nitrati e nitriti quale fonte di ossigeno; attraverso questi processi, favoriti da condizioni di bassa presenza di ossigeno nel terreno, l'azoto minerale viene trasformato in azoto molecolare gassoso (N_2), che viene perso dal sistema.

L'azoto presente nel suolo è conteso fra le piante superiori ed alcuni microrganismi; questi ultimi hanno una maggior efficienza di intercettazione e la disponibilità dell'elemento per le piante dipende dal rapporto tra il carbonio organico e l'azoto totale presenti nel suolo (C/N): con rapporti C/N > di 30 l'azoto presente nel suolo viene immobilizzato dai microrganismi che lo utilizzano per l'attività di decomposizione dei residui organici, mentre a partire da valori di C/N < 20 l'azoto risulta più facilmente disponibile per le piante.

L'azoto in forma nitrica è estremamente mobile e viene rapidamente perso dal terreno o per assorbimento da parte dei vegetali presenti, o per dilavamento, o per denitrificazione; la forma ammoniacale viene invece trattenuta dalle cariche negative presenti sulle argille.

L'ammonio, una volta assorbito all'interno dei tessuti, diventa estremamente tossico; per tale motivo deve essere immediatamente combinato con il carbonio per la formazione di componenti non tossici. Pertanto se quote elevate di ammonio vengono assorbite dalle radici, molto carbonio che dovrebbe essere utilizzato per la crescita deve essere invece impiegato per la detossificazione di questa forma azotata: il risultato è una riduzione della crescita, dapprima radicale, successivamente vegetativa, in quanto quando l'apparato radicale ha esaurito la propria capacità di disintossicazione, l'ammonio viene trasportato alla parte aerea dove si combina con altro carbonio ivi presente.

La forma ammoniacale viene assorbita dalle radici preferibilmente in condizioni di pH neutro; in suoli acidi la competizione degli ioni H^+ riduce l'assorbimento.

La forma nitrica viene assorbita sia passivamente che attivamente in grandi quantità: maggiore è la presenza nel suolo, maggiore è l'assorbimento. Una riduzione della capacità assorbente può manifestarsi a pH elevati per competizione con i gruppi ossidrilici (OH). Le migliori condizioni di assorbimento si hanno a pH del suolo compreso fra 4,5 e 6,0. L'ammonio compete nell'assorbimento del nitrico.

L'assorbimento dell'azoto ammoniacale e nitrico è direttamente correlato alla temperatura.

L'azoto è utilizzato dai vegetali essenzialmente per la formazione degli amminoacidi, delle proteine, di molti enzimi e degli acidi nucleici (DNA e RNA).

In genere il contenuto ottimale di azoto nei vegetali è compreso nell'intervallo 1-6% del peso secco dei tessuti fogliari.

L'azoto stimola lo sviluppo vegetativo e l'accrescimento.

Le forme azotate sono mobili e i primi sintomi di carenza si evidenziano nelle foglie più vecchie, con ingiallimenti diffusi su tutta la lamina che successivamente può portare a formazioni necrotiche (al contrario delle carenze di potassio e magnesio che evidenziano da subito necrosi fogliari); le piante crescono di meno, gli steli sono più sottili, anche le radici riducono il proprio sviluppo, ma il rapporto radici/germogli si incrementa.

La tossicità da azoto è legata maggiormente alla forma ammoniacale rispetto a quella nitrica; eccesso di ammonio causa riduzione della crescita radicale, che risulta anche discolorato, mentre sulle foglie si possono avere clorosi e/o necrosi.

L'ammonio deprime l'assorbimento di potassio, calcio e magnesio, mentre maggiore sembra l'assorbimento del fosforo causa l'acidificazione della rizosfera; i nitrati competono invece con fosforo e zolfo. Carenze di molibdeno riducono invece l'efficienza dell'azoto assorbito.

Problema dei nitrati negli alimenti

Un aspetto importante legato all'azoto è la presenza negli alimenti di nitrati, che tendono ad accumularsi negli organi verdi (foglie) e possono risultare assai pericolosi per la salute dei consumatori.

In genere nelle foglie i nitrati sono utilizzati per la formazione di sostanze organiche complesse, specificatamente proteine. Rara è la presenza di nitrati nei frutti, nei semi e nei tuberi.

Quando l'assorbimento di azoto e la produzione di proteine presentano ritmi simili, non esiste un rischio di accumulo di nitrati nelle foglie. L'accumulo si può presentare quando i ritmi di assorbimento dei nitrati sono superiori a quelli di trasformazione dell'azoto in proteine.

Lo sfasamento dei due processi può dipendere da diversi fattori. Un'eccessiva disponibilità di azoto nel substrato di crescita può provocare l'accumulo di nitrati; l'eccessiva disponibilità non dipende solo da concimazioni chimiche, ma anche da elevata disponibilità di azoto organico. Accumulo di nitrati si verifica anche quando si ha una ridotta formazione di proteine all'interno delle foglie: questo fatto può accadere sia per non ottimali condizioni fitosanitarie della pianta (attacchi parassitari), sia per scarsa illuminazione e condizioni di temperatura bassa (produzioni invernali).

Per ovviare al rischio di accumulo di nitrati nei prodotti vegetali occorre pertanto razionalizzare le concimazioni azotate, comprese quelle organiche, diminuendo le dosi soprattutto in condizioni di scarsa illuminazione (in inverno o in condizioni di nuvolosità persistente), e mantenere le piante in condizioni fitosanitarie ottimali.

Fosforo (P)

Il fosforo è presente nel suolo in diverse forme: fosfati di calcio derivanti dal deterioramento dei minerali primari, fosforo non disponibile (non labile), fosforo organico, fosforo solubile e fosforo adsorbito (fosforo labile); il fosforo organico è una riserva di fosforo che si rende disponibile a medio termine.

Il fosforo in soluzione è presente come sali dell'acido fosforico. A pH acidi esso forma fosfati di ferro e di alluminio insolubili, a pH superiori a 7,0 sali insolubili di calcio e magnesio; la maggior disponibilità di fosforo per l'assorbimento radicale (H_2PO_4^-) la si ha a pH compresi fra 5,5 e 7,0.

Per la valutazione della dotazione di fosforo nel suolo si determina in genere la frazione assimilabile prontamente disponibile per le piante; in genere il range di normalità è compreso fra 20 e 45 mg/kg si P_2O_5 (metodo Olsen): valori più alti risultano necessari in terreni con calcare attivo elevato (> 5%).

Il fosforo è poco mobile nel terreno e deve essere presente vicino alle radici per poter essere utilizzato; l'assorbimento del fosforo da parte delle radici è influenzato dall'umidità del suolo, dalla CSC, dalla temperatura, dallo sviluppo dell'apparato radicale, dalla micorrizzazione.

Il dilavamento porta alla perdita del solo fosforo in soluzione, mentre reali perdite di fosforo nel suolo si hanno nel caso di fenomeni erosivi.

Una volta introdotto all'interno delle radici il fosforo viene prontamente trasformato in fosforo organico e metabolizzato. Il fosforo è molto mobile nelle piante.

Il più importante composto nei quali è presente il fosforo è l'ATP, fonte principale di energia per le reazioni metaboliche all'interno dei tessuti vegetali delle piante. Inoltre è presente con funzioni di riserva, soprattutto nel seme (fitina).

In genere la concentrazione di fosforo nei tessuti vegetali è compresa nell'intervallo fra lo 0,2 e lo 0,5%; valori più alti si possono riscontrare in piante in attiva crescita.

Il fosforo accelera e favorisce i processi di fioritura, di fecondazione e di maturazione.

Carenze si possono avere in primavera con basse temperature; la crescita viene ritardata, il rapporto massa radici/germogli è più basso, forte riduzione di semi, frutti e fiori. I sintomi si evidenziano con colorazione verde scura delle foglie più vecchie, arrossamenti, imbrunimenti e necrosi marginali delle foglie.

Alti livelli di fosforo possono procurare riduzione della crescita, soprattutto per competizione con l'assorbimento di zinco, ferro e rame.

Nei suoli alcalini presenza di ammonio aumenta la disponibilità di fosforo assimilabile; anche il calcio presente in soluzione aumenta il fosforo disponibile ed il magnesio ne stimola l'assorbimento radicale. L'alluminio forma nelle cellule composti con il fosforo rendendolo non traslocabile, così come pure il ferro che ne riduce l'assorbimento, traslocazione e assimilazione. Fosforo e zinco risultano fra loro antagonisti.

Potassio (K)

Il potassio è presente nel suolo come costituente dei minerali primari e secondari, fissato sui minerali argillosi, come ione di scambio sul complesso di scambio (potassio scambiabile), come soluto nella soluzione circolante; la frazione scambiabile (quella che in genere viene determinata analiticamente per valutare la disponibilità di potassio) e quella solubile rappresentano meno del 2% del potassio totale nel suolo.

La diffusione attraverso film di acqua intorno alle particelle solide del terreno è il principale movimento del potassio nel suolo. E' un processo lento, pertanto una crescita vigorosa delle piante può portare ad un impoverimento dell'elemento presente intorno alle radici. Dotazione elevata, umidità del suolo, temperature elevate e presenza di ossigeno incrementano i processi di assorbimento dell'apparato radicale.

Le quote di potassio assorbite dalle piante sono paragonabili a quelle dell'azoto; l'elemento viene assorbito come ione (K^+). In genere la maggior quota di potassio viene assorbita dalle piante nella prima metà del loro ciclo di crescita, sebbene elevata è la domanda in fase di fioritura e fruttificazione. L'assorbimento radicale sembra possa avvenire in forma attiva, con dispendio energetico. All'interno della pianta il potassio è molto mobile, soprattutto in direzione acropeta.

Il potassio regola il contenuto di acqua delle piante, la pressione cellulare, regola l'apertura e chiusura degli stomi, controllando di fatto l'attività fotosintetica; svolge inoltre un ruolo importante nel trasporto dei carboidrati sintetizzati e nella resistenza meccanica dei tessuti vegetali.

In genere il contenuto ottimale di potassio nelle foglie mature è compreso fra l'1,5 ed il 4% di sostanza secca, con rapporto N/K vicino a 1.

Il potassio conferisce alle piante resistenza alle avversità, alle basse temperature, agli stress idrici, oltre ad influenzare positivamente la qualità dei prodotti.

Carenze si evidenziano dapprima nelle foglie più vecchie, con colorazione verde chiara/gialla lungo il margine e l'apice della lamina fogliare, con contemporanea necrosi marginale; le piante sono maggiormente sensibili alle malattie, stress idrici, riduzione fioritura e fruttificazione.

La tossicità si manifesta con carenze di magnesio e calcio.

Le relazioni fra potassio e azoto dipendono molto dal contenuto dell'uno o dell'altro elemento. In presenza di poco azoto, l'applicazione di potassio può ridurre il contenuto di azoto nelle piante. Anche le forme azotate influiscono sul contenuto di potassio; ad alti contenuti di azoto, la presenza di nitrato favorisce l'accumulo di potassio, mentre quella di ammonio lo deprime; nel contempo presenze elevate di potassio nei tessuti diminuisce la tossicità che può derivare dall'eccessivo utilizzo di azoto in forma ammoniacale. Potassio, calcio e magnesio si influenzano a vicenda; anche il sodio può deprimere l'assorbimento del potassio, sostituendolo.

Calcio (Ca)

Il calcio è presente nel suolo in diversi componenti minerali, quali gli allumini silicati, i fosfati di calcio (apatiti), i carbonati di calcio (calcite e dolomite), il gesso. La decomposizione dei minerali produce ioni calcio (Ca^{2+}), adsorbiti sui colloidi organici ed inorganici, contribuendo alla flocculazione delle argille, all'aggregazione delle particelle, alla struttura del suolo. Il calcio presente sul complesso di scambio e in soluzione è disponibile per le piante.

Nel suolo si muove per flusso di massa e viene assorbito dalle radici in forma passiva. All'interno della pianta viene trasportato per via xilematica seguendo il flusso della traspirazione, pertanto elevato tasso di umidità dell'aria (ridotta traspirazione) o stress idrico (chiusura stomi) possono portare a carenza dell'elemento nei tessuti di crescita apicali; il movimento per via floematica è invece limitato.

Il calcio ha un ruolo attivo nella distensione e divisione cellulare, quindi nella crescita radicale e nell'allungamento dei germogli; esso inoltre agisce come un cemento fra le pareti di cellule adiacenti.

Il calcio è in genere presente nei tessuti vegetali in concentrazioni comprese fra 0,5 e 1,5%.

Carenze dell'elemento si evidenziano con riduzione della crescita dei tessuti meristematici; i primi sintomi si notano agli apici vegetativi e nelle foglie più giovani, essendo sostanzialmente immobile nelle piante. Le foglie sintomatiche evidenziano deformazioni e clorosi, con successive necrosi marginali. Eccessi di calcio sono poco comuni e i sintomi sono ricollegabili a carenze di magnesio e/o potassio.

Ammonio, magnesio, potassio e sodio riducono l'assorbimento di calcio; i rapporti ottimali di Ca/Mg e K/Ca sono in genere rispettivamente 2 e 4. L'azoto nitrico stimola l'assorbimento del calcio, così come pure il fosforo in ambienti acidi. A pH elevati il calcio compete con ferro, manganese, boro e zinco, con sintomi di clorosi fogliari. In suoli acidi il calcio si lega ad alluminio e ferro. Con il boro ha invece un effetto sinergico nel ridurre l'incidenza di disordini a livello dei punti di crescita.

Magnesio (Mg)

Nel suolo è presente nei minerali primari ferro-magnesio, nei minerali secondari argillosi (clorite, vermiculite, illite, montmorillonite), in sali inorganici (carbonati, solfati, dolomiti); è spesso associato con complessi organici. Il magnesio disponibile per le piante è quello adsorbito sui colloidi del terreno (magnesio di scambio) e quello presente in soluzione (magnesio solubile); il pH ottimale di disponibilità è compreso fra 5,4 e 7,0.

Il magnesio si muove verso le radici per flusso di massa e l'assorbimento radicale è passivo, mediato dalla pompa ionica per il quale il magnesio si muove secondo un gradiente elettrochimico; questo fenomeno spiega la competizione con altri cationi (ammonio, potassio, calcio, sodio). All'interno della pianta è molto mobile e facilmente trasportabile alle foglie più giovani e agli apici vegetativi.

Il 15-20% del magnesio presente nelle piante si trova all'interno della molecola di clorofilla; la quota restante è associata ad anioni e composti organici. Il magnesio svolge inoltre un ruolo importante in attività enzimatiche e nella fissazione della CO_2 .

La concentrazione di magnesio ritenuta normale all'interno delle piante è compresa fra 0,15 e 0,40%.

Carenze si riscontrano inizialmente nelle foglie più vecchie: ingiallimento internervale che procede dai margini fogliari verso il centro. I tessuti conduttori verdi presentano un anello cerchiato a sfondo giallo. Rari i casi di tossicità.

La competizione maggiore viene esercitata in ordine decrescente da potassio, ammonio, calcio, sodio; nei tessuti vegetali un rapporto Ca/Mg pari a 2 e K/Mg pari a 8 è considerato ottimale. Il magnesio deprime l'assorbimento di manganese. In suoli acidi l'alluminio induce carenze di magnesio.

Zolfo (S)

Il 90% dello zolfo presente nel suolo è legato alla sostanza organica (rapporto N:S = 10). In terreni ben drenati è presente inorganicamente come solfato (di calcio, magnesio, potassio, sodio, ammonio), assorbito sulle superfici argillose, legato ai composti di ferro e alluminio a pH molto acidi, precipitato con carbonato di calcio a pH superiore a 7,0.

Le piogge portano al terreno quantità elevate di zolfo (piogge acide), raggiungendo punte di 50 kg/ettaro. In condizioni aerobiche i microrganismi, attraverso la mineralizzazione della sostanza organica, liberano quantità rilevanti di zolfo (oltre 10 kg/ettaro). Zolfo elementare viene utilizzato per abbassare il pH dei suoli: indicativamente 1 kg/ettaro abbassa il pH di 0,5 unità.

Lo zolfo si muove verso le radici per flusso di massa; l'assorbimento radicale come solfato è in forma attiva (contro gradiente elettrochimico). Lo zolfo può essere assorbito attraverso gli stomi come anidride solforosa (SO₂). All'interno delle piante può essere trasportato per via xilematica verso gli apici vegetativi o essere fissato e immobilizzato. Lo zolfo è costituente di molti enzimi, vitamine e proteine.

Il contenuto ottimale nei vegetali è compreso normalmente fra lo 0,15 e lo 0,50%.

Carenze di zolfo appaiono per bassa dotazione di zolfo e/o alta dotazione di azoto nei suoli e per dilavamento. I sintomi fogliari osservabili sono gli stessi di quelli provocati da carenza di azoto, ma appaiono dapprima sulle foglie giovani. Le radici risultano più lunghe del normale e gli steli lignificano. Fenomeni di tossicità sono in genere provocati da anidride solforosa presente nell'aria a concentrazioni > di 0,5 mg/m³; sintomi avanzati sono aree necrotiche bianche sulla lamina inferiore.

MICROELEMENTI ESSENZIALI

Boro (B)

Il boro è presente principalmente nei minerali primari, in particolare fluoroborosilicati; inoltre è presente legato alla sostanza organica e ai composti che si formano nel processo di umificazione. Il boro disponibile per le piante (meno del 5% del boro totale) è principalmente quello legato ai colloidi umici. Il boro è presente nella soluzione circolante come acido borico non ionico ed in questa forma è assorbito dalle radici o dilavato. La maggiore disponibilità per le piante si ha fra pH 7,0 e pH 9,0; le calcitazioni riducono la disponibilità dell'elemento.

L'assorbimento radicale è passivo, associato al processo di traspirazione. Il boro è relativamente poco mobile all'interno delle piante e si muove principalmente per via xilematica associato a polisaccaridi. Il boro svolge un ruolo importante nella crescita meristematica (differenziazione, maturazione, divisione ed allungamento delle cellule).

In genere il contenuto medio di boro nelle piante è pari a 20 ppm (mg/kg) sulla sostanza secca; la richiesta specifica varia da pianta a pianta.

Carenza dell'elemento si manifesta con un allungamento anormale o ritardato dei punti di crescita; le giovani foglie risultano malformate, raggrinzite, spesse e di colore verde scuro. Le gemme apicali generalmente seccano. Tossicità si evidenzia con apici fogliari clorotici a necrotici, bruciature fogliari, prematura defogliazione.

L'assorbimento del fosforo viene ridotto in presenza di bassi livelli di boro, mentre livelli elevati di potassio deprimono il contenuto di boro nelle piante; il calcio riduce l'assorbimento del boro.

Cloro (Cl)

Il cloro è presente nel suolo nei minerali primari (ad esempio cloroapatite e silvinite); dalla degradazione dei minerali il cloro viene rilasciato e permane nella soluzione circolante come ione, non essendo adsorbito dai colloidi del suolo. Esso viene rapidamente lisciviato; apporti di cloro provengono dal mare attraverso il vento o con acque di irrigazione ricche dell'elemento.

Il cloro nel terreno si muove con la soluzione circolante e viene assorbito dalle radici come ione contro il gradiente elettrochimico; maggiore è la contrazione nel suolo, maggiore è l'assorbimento radicale. L'elemento può essere assorbito come ione o Cl_2 anche attraverso gli organi vegetativi (foglie). Nelle piante non esistono metaboliti contenenti cloro: è presente come ione e riveste un ruolo importante nel processo fotosintetico (evoluzione dell'ossigeno del fotosistema II).

In genere il contenuto medio di cloro nelle piante è compreso fra 50 e 200 ppm. La carenza di cloro è rara (gli apporti dall'atmosfera e dalle piogge sono di norma sufficienti) e il sintomo è l'appassimento. La tossicità da cloro dipende dalle specie vegetali; per le colture più sensibili il livello fitotossico di cloro nelle foglie è identificato fra lo 0,5 ed il 2%, per quelle resistenti al 4%; in presenza di eccesso di cloro si riduce la disponibilità di acqua e l'apice e i margini delle foglie ingialliscono e si bruciano, con caduta prematura.

Il cloro compete con l'assorbimento dei nitrati.

Rame (Cu)

Il rame è presente nei minerali primari e secondari, nei composti organici, sui colloidi del suolo come catione di scambio, in soluzione. La sua disponibilità decresce all'aumentare del pH. L'assorbimento da parte delle radici è attivo e controllato metabolicamente; sebbene le radici siano in grado di assorbire lo ione, spesso viene preferibilmente assorbita la forma chelata. Il rame si muove nello xilema insieme ai composti azotati ed è comunque poco mobile. La maggior parte del rame attivo è presente nei cloroplasti; inoltre è presente in molti enzimi attivi nei processi di metabolizzazione dei carboidrati e dell'azoto.

Il contenuto medio di rame nelle piante è compreso fra 2 e 20 ppm; nelle foglie il livello di sufficienza è fra 3 e 7 ppm. Quando utilizzato come fungicida si possono rilevare valori fino a 200 ppm. La carenza si manifesta all'inizio negli organi più giovani: necrosi dei meristemi apicali, crescita stentata, distorsione delle foglie che possono presentare gli apici biancastri. Eccesso di rame può indurre carenza di ferro; le radici hanno crescita stentata e le leguminose risultano le specie più sensibili.

Alta disponibilità di azoto porta ad una maggiore richiesta del rame, mentre fosforo e potassio elevati possono provocare delle carenze. Anche lo zinco ed il rame sono antagonisti, mentre eccesso di rame provoca carenze di ferro. Il rame stimola l'assorbimento del manganese ed è antagonista del molibdeno.

Ferro (Fe)

Il ferro è presente nel suolo nei minerali primari, secondari ed in quelli argillosi; il contenuto di ferro solubile è una minima parte del ferro totale presente. Dal degrado dei minerali primari il ferro si accumula nei minerali argillosi come ossido idrato. L'evoluzione chimica del ferro nel suolo è molto complicata e dipende dal pH e dal potenziale ossidoriduttivo (redox); le forme solubili inorganiche includono principalmente i composti ferrosi (Fe^{2+}) con ferro bivalente e quelli ferrici (Fe^{3+}) con ferro trivalente.

Nei suoli a pH basso e basso potenziale redox prevale il ferro bivalente, mentre nei suoli ben areati la presenza del ferro trivalente è dominante. L'assorbimento da parte delle radici delle piante prevede in genere una riduzione del ferro trivalente a ferro bivalente o una chelazione del Fe^{3+} . L'assorbimento del ferro è attivo e influenzato dalla specie di pianta, in quanto esistono specie più o meno efficienti: quelle ferro-efficienti sono in grado di acidificare la rizosfera (l'assorbimento del ferro si riduce a pH elevati e/o elevate concentrazioni di fosfati e calcio).

Il ferro è un componente importante in molti enzimi, nelle reazioni ossido-riduttive, nell'assorbimento dell'azoto elementare, nella produzione di energia.

In genere il contenuto nei tessuti vegetali è compreso fra 50 e 75 ppm. I sintomi da carenza sono simili a quelli provocati dalla carenza di magnesio ma, essendo il ferro poco mobile, si manifestano inizialmente nelle foglie più giovani; la clorosi è internervale e, nei casi gravi, si estende anche alle foglie più vecchie che imbiancano e cadono prematuramente. La tossicità si presenta con colorazione bronzea delle foglie e comparsa di piccolissime macchie marroni.

Come detto, valori elevati di pH deprimono l'assorbimento del ferro; anche l'azoto accentua carenze di ferro in quanto i nitrati portano ad un innalzamento del pH della rizosfera. Il potassio sembra facilitare indirettamente l'assorbimento del ferro e direttamente la sua mobilità all'interno della pianta (questo ultimo aspetto è invece contrastato dall'elevata presenza di fosforo). Boro, rame e manganese sono competitori dell'assorbimento di ferro, all'opposto del cloro.

Manganese (Mn)

Il manganese è presente in molti minerali primari; la degradazione nel tempo di questi minerali porta alla formazione di minerali secondari contenenti manganese. Il manganese lo si trova poi sul complesso di scambio, legato a composti organici, in soluzione.

Come per il ferro la disponibilità per le piante è pH dipendente, aumentando a pH bassi; l'assorbimento avviene per mediazione metabolica. All'interno delle piante viene trasportato nello xilema verso i tessuti meristemati come ione o debolmente legato ad acidi organici; è praticamente poco mobile. Esso viene utilizzato per reazioni ossido-riduttive e nell'attivazione di molti enzimi. Nelle foglie è di norma presente a concentrazioni comprese fra 10 e 200 ppm, con un intervallo di sufficienza fra 10 e 50 ppm. I sintomi da carenza variano da specie a specie e possono assomigliare a quelli provocati dal ferro e dallo zinco; nelle dicotiledoni si manifesta con piccole macchie gialle, mentre nelle monocotiledoni compaiono alla base della foglia come macchie e strisce verde-grigie. In genere compaiono clorosi sulle foglie più giovani. La tossicità si manifesta

in genere a pH del terreno molto acido e la tolleranza è specie-dipendente; si può manifestare con ingiallimento dei margini delle foglie più giovani e con la comparsa di macchie necrotiche in punti differenti della lamina fogliare. L'azoto (sia nitrico che ammoniacale) stimola l'assorbimento del manganese, così come pure il fosforo; magnesio e ferro competono con il manganese.

Molibdeno (Mo)

Il molibdeno è presente in diversi minerali, come sale insolubile con piombo, ferro o calcio, in associazione con la sostanza organica, in soluzione come MoO_4^{2-} . A pH bassi precipita con il ferro e l'alluminio. Viene assorbito prevalentemente come anione e traslocato alle foglie. E' componente essenziale di due enzimi coinvolti nel metabolismo dell'azoto: la nitrogenasi, che riduce il nitrato in nitrito, la nitrato-reduttasi, per la fissazione dell'azoto atmosferico. Il molibdeno è essenziale per le piante ma a dosi bassissime; di norma il contenuto dell'elemento è compreso fra 0,15 e 0,30 ppm.

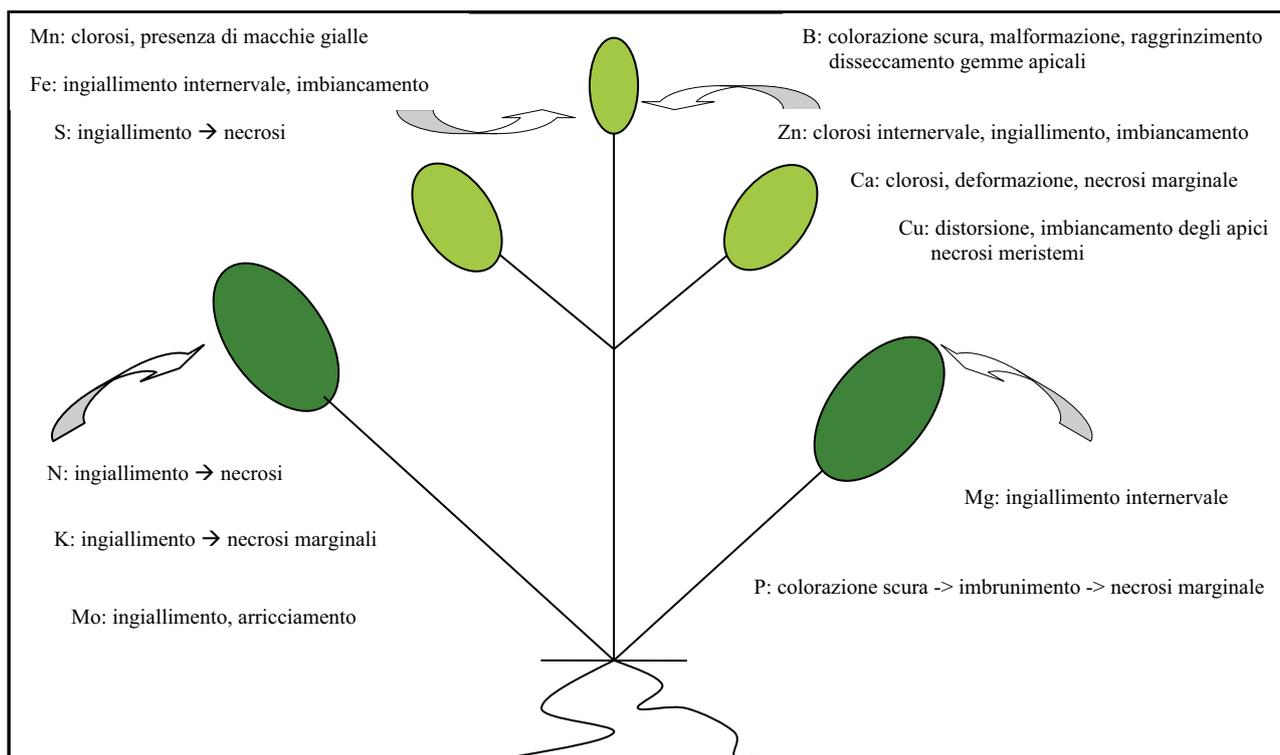
La carezza è assai rara e può capitare in suoli dilavati, sabbiosi e acidi, talvolta anche in quelli torbosi. I sintomi sono simili a quelli provocati dalla carezza di azoto, visto il ruolo del molibdeno nel metabolismo dell'azoto all'interno delle piante: le foglie clorotiche poi si aricciano e appassiscono, con possibili necrosi. I sintomi appaiono dapprima sulle foglie più vecchie, poi su quelle giovani, fino a morte degli apici vegetativi. La carezza di molibdeno in suoli acidi può presentare sintomi di tossicità da alluminio e manganese. La tossicità è rara e le piante possono in genere sopportare un contenuto totale fino a 15 ppm; nei foraggi destinati all'alimentazione animale la soglia massima è invece di 5 ppm.

L'assorbimento di molibdeno è inibito dai solfati e facilitato dai fosfati.

Zinco (Zn)

Lo zinco è presente nei minerali primari che, a seguito di degradazione naturale, lo portano ad essere presente sui colloidali del terreno, legati alla sostanza organica o in soluzione; la dimensione è simile a quello del ferro e del magnesio e può loro sostituirsi in alcuni minerali. La disponibilità è legata alla capacità di movimento dell'elemento, che principalmente avviene per gradiente di diffusione; l'assorbimento radicale dello ione zinco è attivo e controllato metabolicamente. Lo zinco è presente nella soluzione xilematica come ione e difficilmente forma composti, inoltre lo si ritrova nelle radici. Il suo ruolo nelle piante è simile a quello del manganese e del magnesio ed è coinvolto nel metabolismo azotato. Nelle foglie è in genere presente a concentrazioni comprese fra 15 e 50 ppm. Carenze si manifestano con clorosi internervale delle foglie apicali: queste aree possono poi diventare gialle o bianche; nelle monocotiledoni le clorosi appaiono su entrambe le lamine fogliari. Lo zinco può diventare fitotossico a concentrazioni superiori a 200 ppm: si nota una riduzione della crescita delle radici e delle foglie, seguita da clorosi; elevati contenuti di zinco nel suolo possono indurre carenze di ferro, manganese e fosforo.

Figura 2 – Comparsa dei sintomi di carenza in relazione all'età della foglia



In Figura 2 - su una pianta schematizzata con foglie giovani (apicali) e foglie vecchie (basali) - si riportano i principali sintomi da carenza di elementi in relazione allo sviluppo (età) della foglia.

GLI ELEMENTI MINERALI NON ESSENZIALI

Oltre agli elementi essenziali elencati nel capitolo precedente, esistono altri elementi che risultano essere significativamente utili per la crescita dei vegetali ma, non soddisfacendo tutti i requisiti per essere riconosciuti quali elementi essenziali, vengono denominati non essenziali. Ad oggi ricadono in questa classificazione 89 elementi. Talvolta la carenza o l'eccessiva presenza di alcuni di questi elementi non induce effetti sulla salute delle piante ma, se introdotti nella catena alimentare, possono provocare problemi al regno animale.

In Tabella 3 si riportano indicazioni dei livelli normali di alcuni di questi elementi nelle piante.

Tabella 3 – Concentrazione (%) ottimale di alcuni elementi

elemento	normale	livello tossicità
arsenico	0,1 – 5	2
cadmio	0,2-0,8	> 2
cromo	0,2-1	-
cobalto	0,05-0,50	-
nichel	1	50
piombo	0,1-10	-
selenio	0,02-2	50-100
vanadio	0,1-10	> 10

METALLI PESANTI

Per metallo pesante in genere la letteratura del settore intende quegli elementi il cui peso atomico è superiore a 55. Cinque dei microelementi essenziali rientrano in questa categoria (ferro, manganese, rame, zinco, molibdeno); altri tra questi elementi con tali caratteristiche sono il cadmio, il piombo, il mercurio ed il selenio, considerati dannosi per gli uomini e gli animali, non necessariamente per le piante. Infatti alcune piante sono in grado di escludere o di accumulare questi elementi senza danni di qualsiasi genere. Pertanto la pericolosità dei metalli pesanti è più rivolta al regno animale che non a quello vegetale, anche se alcune specie vegetali possono presentare in taluni casi sintomi di tossicità, soprattutto in riferimento agli elementi essenziali.

TOSSICITA' DEGLI ELEMENTI

L'effetto di tossicità di alcuni elementi, quando altamente disponibili nei mezzi di crescita, può essere di tipo diretto, sul metabolismo della pianta, o di tipo indiretto, agendo sulla disponibilità di altri elementi.

Alcuni esempi:

- il boro agisce direttamente riducendo la crescita della pianta;
- il manganese raggiunge livelli di tossicità in suoli molto acidi ($\text{pH} < 5,5$);
- l'eccesso di zinco interferisce con il metabolismo del ferro;
- l'eccesso di cloro, derivante in genere da presenza del sale di sodio, riduce la capacità di approvvigionamento idrico;
- l'alluminio può causare problemi di fitotossicità in condizioni di acidità, riducendo la disponibilità di altri elementi (P, K, Ca, Mg, Zn).

In genere i fenomeni di fitotossicità da elementi sono legati ad attività dell'uomo.

FATTORI CHE INFLUENZANO LE CONCENTRAZIONI DI ELEMENTI NEI VEGETALI

La concentrazione di un elemento nutritivo negli organi vegetativi delle piante è legata ai fattori esterni che si sono verificati nel corso dell'attività vegetativa corrente. Ottimali condizioni di crescita portano a livelli di concentrazione ideali; da ciò risulta evidente che qualsiasi fattore che si discosta dalle migliori condizioni possibili può portare a scompensi a livello nutrizionale. Quando si parla di condizioni di crescita ci si riferisce in genere alle condizioni ambientali pedo-climatiche; se si tratta di produzioni agricole (cerealicoltura, coltivazioni industriali, orticoltura, frutticoltura, viticoltura, floricoltura e vivaismo), oltre agli aspetti tipicamente ambientali entrano in gioco anche i fattori propri della produzione, quali lavorazioni del suolo, concimazioni, irrigazioni, trattamenti fitosanitari.

Di seguito si propone una sintetica esposizione dei principali fattori che possono influenzare le condizioni di crescita delle piante e, conseguentemente, i livelli nutrizionali degli organi vegetativi.

Acqua

Le piante assorbono gli elementi della nutrizione per intercettazione diretta da parte delle radici (le radici cedono ai colloidi del terreno idrogeno per lo scambio di cationi e ossidrilici per quello degli anioni), per flusso di massa e per diffusione nella soluzione nutritiva: questi ultimi due meccanismi

necessitano di acqua. Le diverse modalità di assorbimento vengono differenziate e utilizzate sia in relazione ai vari elementi nutritivi, sia a seconda della specie botanica di appartenenza.

In Tabella 4 si riportano le percentuali di assorbimento degli elementi nutritivi da parte delle radici: i risultati fanno riferimento a studi risalenti al 1968 ed al 1971.

Tabella 4 – Percentuale di assorbimento degli elementi minerali da parte delle radici

elemento minerale	% modalità di assorbimento		
	intercettazione	flusso di massa	diffusione
azoto	2	98	-
fosforo	3	6	91
potassio	2	20	78
calcio	28	72	-
magnesio	13	87	-
zolfo	5	95	-
boro	3	65	32
rame	70	20	10
ferro	50	10	40
manganese	15	5	80
molibdeno	5	95	-
zinco	30	30	40

Ovviamente i valori riportati in tabella possono variare poi da specie a specie e, sovente, anche in relazione alle varietà/cultivar.

Dai dati si rileva come per alcuni elementi (in particolare calcio, rame, ferro e zinco) l'intercettazione diretta assume un'importanza elevata circa le modalità di assorbimento; per la maggior parte degli elementi risulta invece assolutamente necessario il mezzo acquoso.

In termini generali, in situazioni di carenza idrica, pur con dotazione ottimale di elementi minerali disponibili nel substrato di crescita, le piante riducono l'assorbimento globale di elementi nutritivi.

In Tabella 5 si riporta a titolo di esempio l'influenza che il deficit idrico ha sul contenuto di elementi nelle foglie di mais.

Tabella 5 – Influenza dello stress idrico sul contenuto di elementi minerali in foglie di mais

concimazione N-P-K kg/ha	% elemento senza stress idrico	% elemento con stress idrico
0-78-47	N 2%	N 1,5%
179-78-47	N 2,9%	N 2,2%
179-0-47	P 0,26%	P 0,12%
179-78-47	P 0,32%	P 0,18%
179-39-0	K 1,1%	K 0,7%
179-39-93	K 1,8%	K 0,12%

I dati evidenziano come, in presenza di recente stress idrico, le piante possono evidenziare uno sviluppo vegetativo normale ma un contenuto di elementi al di sotto dei livelli di normalità; in condizioni di fertilità del suolo ottimale è sufficiente una razionalizzazione dell'irrigazione per ricondurre le piante a livelli ottimali di contenuto di elementi nutritivi.

Tuttavia, nel caso in cui la carenza idrica è presente da parecchio tempo, lo sviluppo vegetativo è ridotto; in questi casi, a fronte di una produzione di sostanza secca globalmente inferiore, è però possibile rilevare livelli di elementi nei tessuti fogliari elevati: la lettura del dato analitico diventa pertanto complicato.

Anche in presenza di eccessi idrici la lettura dei dati analitici può presentare delle difficoltà. L'eccesso di umidità può causare il lisciviamento degli elementi, soprattutto quelli più mobili (ad esempio azoto, zolfo, boro), in particolare nei terreni leggeri (molto sabbiosi) e molto acidi. Nei terreni pesanti, oltre al lisciviamento, può generarsi una situazione di asfissia con riduzione della disponibilità di azoto (denitrificazione) e minor assorbimento del potassio (carenza di ossigeno). A fronte di produzioni anche più elevate, il contenuto di elementi nelle foglie può risultare più basso. Nelle condizioni di eccesso di umidità del substrato alcuni elementi possono essere assorbiti in quote maggiori, come succede per il ferro, il manganese e l'alluminio, che vengono ridotti in forme più assimilabili, con rischi di fitotossicità.

In queste condizioni, in presenza di concomitante bassa fertilità del suolo, gli interventi di concimazione possono migliorare le condizioni di nutrizione delle piante, ma bisogna intervenire attraverso fertilizzazioni fogliari.

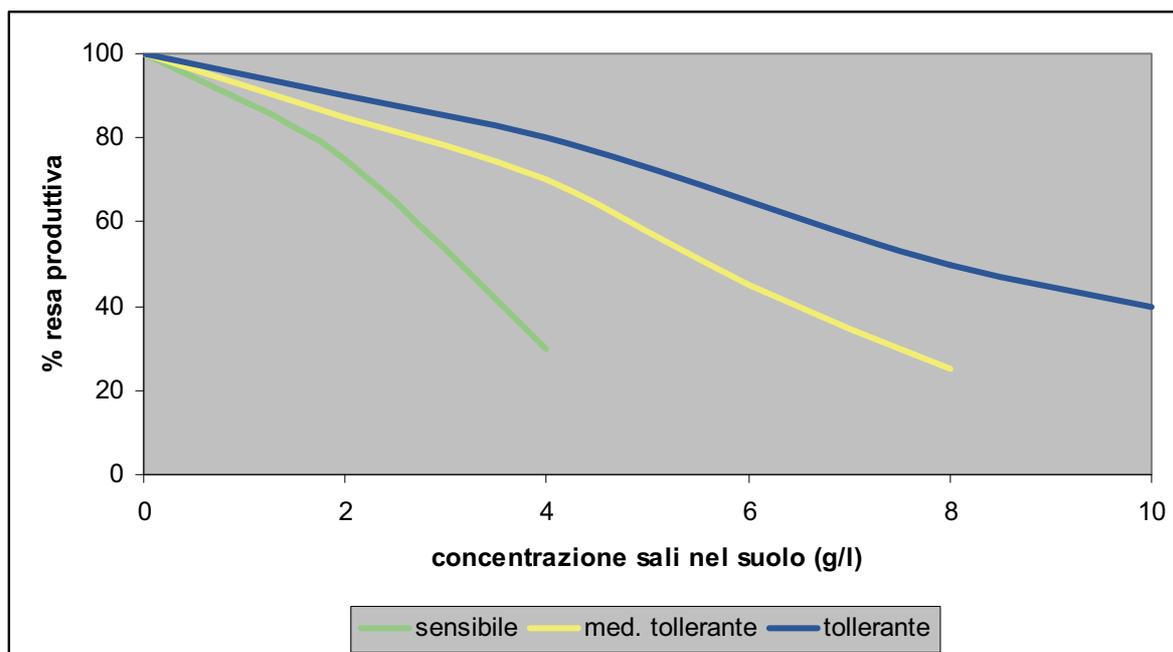
Per contrastare le conseguenze negative degli eccessi idrici bisogna intervenire sulla struttura del suolo, mediante ad esempio ammendanti organici nei terreni sabbiosi (aumento del potere tampone) e correzione con calce o gesso in quelli pesanti (miglioramento della struttura).

Anche la qualità dell'acqua ha la sua influenza sul contenuto di elementi nelle foglie. L'acqua circolante nel terreno è una soluzione salina più o meno concentrata. L'aumento della concentrazione salina influenza la pressione osmotica della soluzione circolante: più è alto il potenziale osmotico della soluzione circolante, più forte è l'opposizione che si ha alla forza di suzione degli apparati radicali.

Quando la forza di suzione (che si esprime in atmosfere) eguaglia la pressione osmotica della soluzione salina circolante, cessa ogni rifornimento idrico e, conseguentemente, l'assorbimento di elementi minerali. Pertanto l'utilizzo di acque saline, soprattutto in presenza di cloro e sodio, deprime l'assorbimento idrico e, di conseguenza, quello degli elementi minerali.

Questo fenomeno è spesso presente nelle coltivazioni orticole effettuate in ambiente protetto. In relazione a questo aspetto esiste anche una variabilità legata alla tolleranza alla concentrazione di sali nel suolo che le diverse specie vegetali e le varietà possono esprimere (Figura 3).

Figura 3 – Effetto della salinità sulla resa produttiva in relazione alle specie vegetali



Anche la tipologia di irrigazione esercita influenze sull'assorbimento degli elementi da parte degli apparati radicali. I sistemi di irrigazione, oltre alle modalità di intervento, che favoriscono lo sviluppo in profondità degli apparati radicali sembrano influenzare positivamente l'assorbimento degli elementi, in particolare fosforo, potassio, calcio e magnesio.

Temperatura, luminosità ed umidità dell'aria

L'aumento della temperatura dell'aria corrisponde ad un incremento dell'attività di traspirazione fogliare: in condizioni di disponibilità idrica adeguata questo fattore incrementa in genere l'assorbimento degli elementi minerali da parte delle radici. L'umidità dell'aria, influenzando il tasso di evapotraspirazione, può incidere sull'assorbimento ed il trasporto degli elementi all'interno della pianta.

La temperatura del suolo stimola invece il metabolismo attivo delle piante, influenzando direttamente l'assorbimento nutritivo. Tuttavia le singole specie botaniche presentano propri livelli di temperatura ottimale e, inoltre, ogni elemento ha propri livelli termici ottimali di assorbimento.

Anche la luminosità influenza la dotazione di elementi minerali nelle piante. La luce stimola la formazione di carboidrati (fotosintesi), pertanto la concentrazione di elementi risulta inferiore.

Tuttavia l'effetto della luminosità è influenzato anche dalla temperatura. In genere ad aumenti della luminosità corrispondono incrementi della temperatura; pertanto, con luminosità elevata a bassa temperatura l'assorbimento degli elementi decresce, con temperature elevate aumenta. In stagione di bassa luminosità le colture in serra stentano ad assorbire fosforo.

Concimazioni

E' ovvia l'influenza delle concimazioni, fogliari o al substrato di crescita, sul contenuto di elementi nei tessuti vegetali, soprattutto se effettuate in prossimità dell'attività di campionamento.

pH del terreno

La reazione di un terreno viene espressa dal valore di pH che indica la concentrazione di ioni idrogeno nella soluzione circolante presente negli spazi lasciati liberi dalle particelle solide di suolo. Il pH (variabile da 0 a 14) risulta in genere compreso in un terreno fra 3 e 9 ed influenza tutte le reazioni che avvengono nella soluzione circolante.

La soluzione interagisce in continuo con la componente solida del terreno (colloidi di scambio), che ne influenza pertanto il valore di pH.

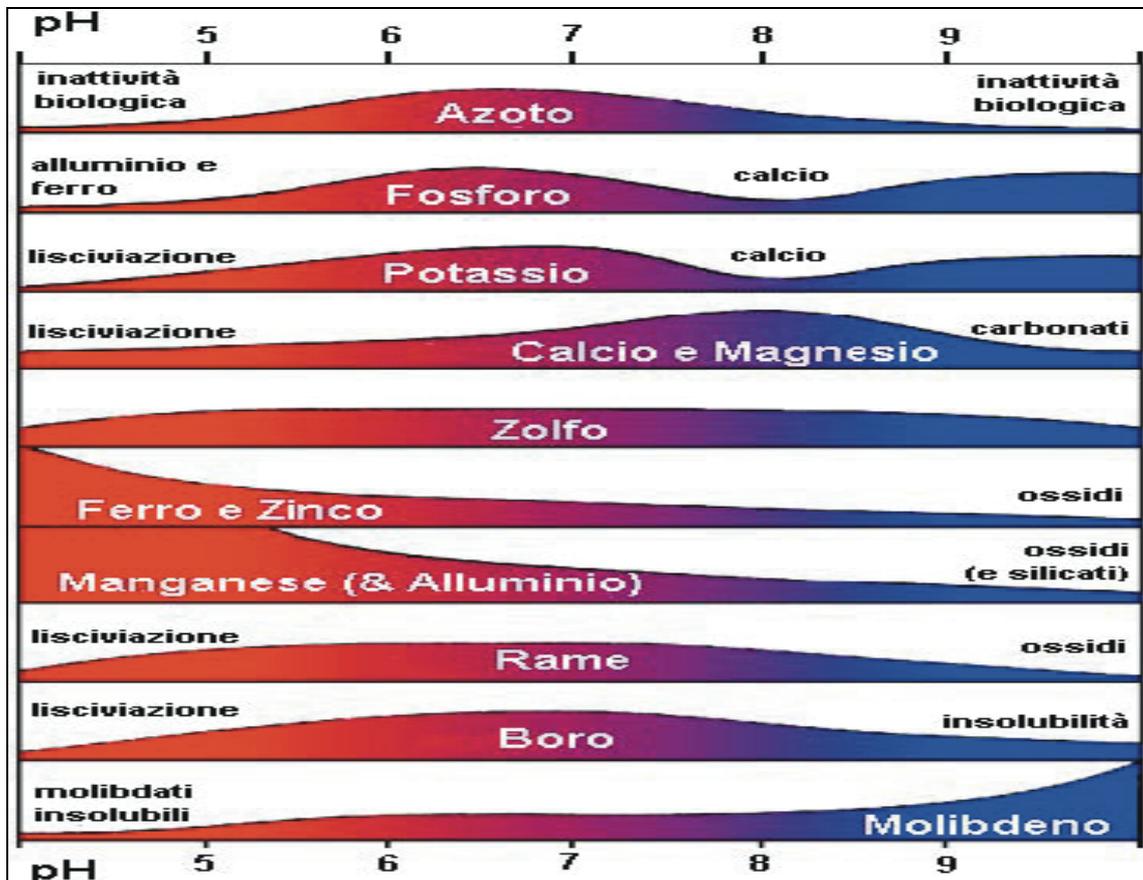
Il pH influenza l'attività microbiologica, la disponibilità di elementi minerali, l'adattabilità delle diverse specie vegetali.

La maggior parte dei batteri coinvolti nelle attività di azotofissazione, nitrificazione e decomposizione della sostanza organica (quindi principalmente nella messa a disposizione alle piante di fonti di azoto utilizzabili) risulta massima a valori di pH prossimi alla neutralità o al limite in ambienti subacidi; i funghi risultano essere invece maggiormente attivi nella demolizione della sostanza organica in ambiente acido. In ambiente alcalino e secco gli attinomiceti sono in grado di sopperire alla scarsa attività di funghi e batteri.

La solubilità (disponibilità) degli elementi minerali, e quindi il loro assorbimento da parte delle radici, risulta più o meno facilitato dal valore di pH presente (oltre che dalla sostanza organica); gli stessi metalli pesanti ed altri inquinanti organici sono soggetti a questo condizionamento: generalmente a pH acidi i metalli sono più solubili e disponibili per le piante.

In Figura 4 si riporta uno schema che evidenzia l'influenza del pH sulla disponibilità dei principali elementi minerali.

Figura 4 - Influenza del pH del terreno sulla disponibilità degli elementi minerali



Fonte: "Foglio divulgativo di pedologia – Regione Campania – maggio 2001

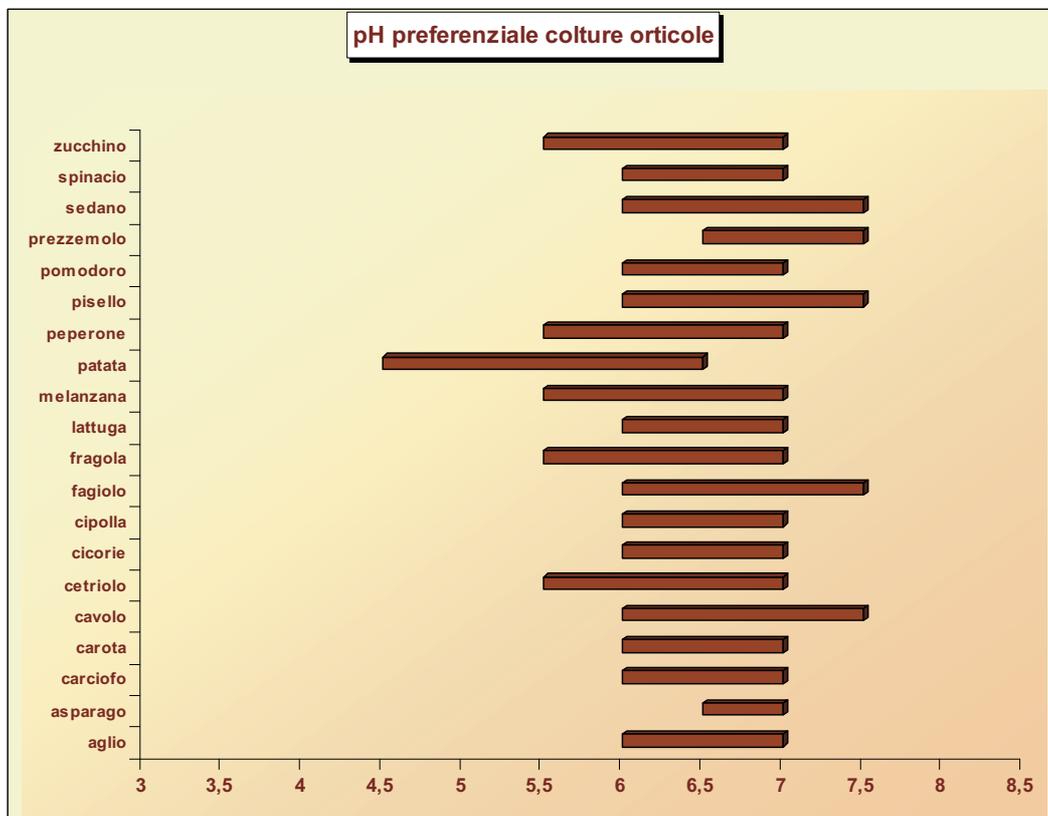
Nei terreni acidi si verifica generalmente una maggiore disponibilità di elementi quali ferro, manganese, rame, alluminio e nichel, con rischi anche di fitotossicità e/o dilavamento; al contrario risulta insufficiente l'assorbimento di ioni calcio, magnesio e potassio e si riduce la disponibilità del molibdeno e soprattutto del fosforo, fissato con ferro e alluminio in prodotti non disponibili o reso insolubile all'interno della pianta dagli elementi assorbiti in eccesso, con conseguente minor rendimento dei concimi fosfatici utilizzati in agricoltura. A livello microbiologico si riduce l'attività di azotofissazione e di micorrizzazione e si può verificare un accumulo di acidi organici, prodotti tetanici o tienici (dannosi alla germinazione e crescita delle piante).

A pH alcalini si ha in genere una minor disponibilità di tutti i microelementi, ad eccezione del molibdeno, e anche il fosforo presenta fenomeni di insolubilizzazione; il calcio può raggiungere livelli elevati ed entrare in competizione con il magnesio, che a sua volta può competere con il potassio. Nei terreni calcarei prevalgono i carbonati di calcio e magnesio (pH non superiore a 8,4), mentre nei terreni salini e sodici (pH anche superiore a 8,5) prevale il sodio e sono presenti sali solubili in quantità elevate. Elevate quantità di calcare, soprattutto attivo, determinano spesso la formazione di croste superficiali, mentre il sodio causa perdita di struttura, compattamento, ristagno idrico.

Il terreno a reazione neutra presenta condizioni ideali per lo sviluppo delle colture grazie ad una favorita attività microbiologica, equilibrata dotazione di elementi minerali, ridotti fenomeni di insolubilizzazione.

In Figura 5 si riportano gli intervalli ottimali di pH per alcune principali specie orticole. Al di fuori dei range indicati possono presentarsi difficoltà di tipo metabolico e, conseguentemente, minori rese produttive.

Figura 5 - Intervallo ottimale di pH per alcune specie orticole



La correzione del pH di un terreno può risultare necessaria per innalzare o diminuire il valore dello stesso; questa operazione, vista la capacità tampone del suolo, risulta comunque di difficile realizzazione.

Per innalzare il valore di pH si utilizzano emendanti calcici (calce viva, calce idrata, carbonato di calcio, calce di defecazione) le cui dosi teoriche necessarie dipendono dal reale valore correttivo dei prodotti utilizzati e si calcolano sulla base di dati di laboratorio.

L'abbassamento del pH risulta di ancor più difficile realizzazione, in quanto bisogna innanzi tutto definire il tipo di alcalinità presente, ovvero se labile (determinata da carbonati e bicarbonati di sodio, magnesio e potassio), costituzionale (determinata da carbonati di calcio) o di scambio (determinata da carbonati e bicarbonati di sodio). Nel primo caso si può operare mediante il lisciviamento del terreno con acque dolci, mentre nel secondo caso interventi diretti sono poco proponibili, risultando più conveniente effettuare apporti di sostanza organica che, producendo anidride carbonica, distrugge i carbonati e riduce il pH; nel caso dell'alcalinità di scambio (ma anche per quella labile se causata in prevalenza da carbonato e bicarbonato di sodio) è possibile intervenire con apporti di gesso e zolfo, le cui dosi vanno calcolate sulla base dei risultati delle analisi di laboratorio.

Età e posizione dell'organo vegetativo analizzato

La concentrazione di elementi in un organo vegetativo possono variare, a parità di condizioni di tutti i fattori pedo-climatici e produttivi, al variare del periodo del ciclo vegetativo.

Questi cambiamenti sono specifici per ogni tipo di pianta, ma in genere è possibile osservare le seguenti tendenze:

- azoto, fosforo e potassio tendono a decrescere con l'aumentare dell'età dell'organo vegetativo, con un minimo in prossimità della maturazione fisiologica della pianta;
- calcio e magnesio tendono al contrario ad aumentare.

Per i microelementi l'andamento è dipendente dalla specie.

Anche la posizione dell'organo da analizzare ha la sua importanza, soprattutto per le specie perenni. In genere per le analisi fogliari l'organo di riferimento (la foglia) dovrebbe essere maturo ma non aver superato da troppo tempo lo stadio giovanile, ovvero una foglia a giusta fase di maturazione compiuta ("just matured leaves").

In effetti, in caso di carenze, la concentrazione di elementi poco mobili (fosforo, calcio, ferro, zinco, rame, manganese,) è particolarmente bassa agli apici vegetativi, quella di elementi mediamente mobili (potassio) risulta moderata negli organi intermedi, quella degli elementi estremamente mobili (azoto, magnesio, zolfo) segnala carenze nelle foglie più vecchie.

MODALITA' DI CAMPIONAMENTO

Partendo dal presupposto che i dati analitici derivanti da un'analisi di un campione vanno interpretati rispetto a valori medi di riferimento ottenuti in condizioni definite, le istruzioni di campionamento devono fornire indicazioni circa l'epoca di campionamento e la parte di organo da prelevare, considerando le condizioni del dato di riferimento. Nel caso non siano fornite indicazioni in merito alle istruzioni di campionamento, la regola generale è quella di raccogliere foglie che di recente hanno concluso la loro crescita (di recente maturazione).

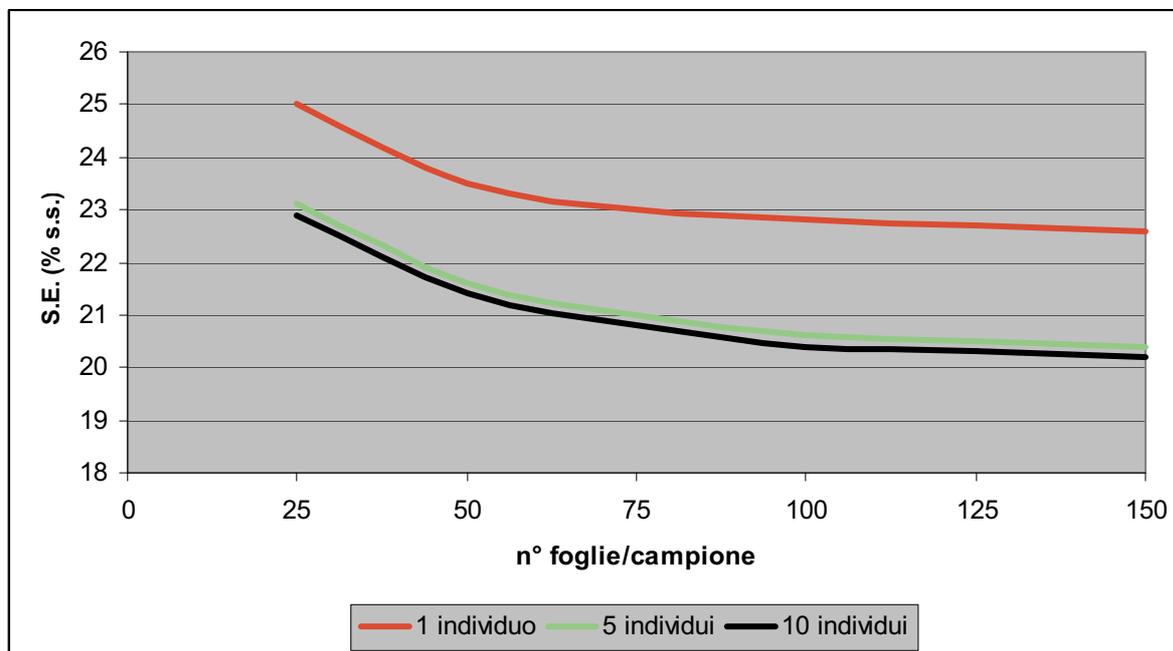
Le modalità di campionamento dipendono anche dagli scopi analitici. Nel caso lo scopo sia quello di valutare la condizione media dello stato "nutrizionale" della coltura, così come per i campionamenti del terreno, bisognerà evitare di prelevare campioni di foglie da esemplari posti al bordo dell'appezzamento, in zone anomale rispetto alle condizioni generali della coltivazione (ad esempio aree ombreggiate), danneggiate (attacchi parassitari o danni meccanici), sottoposte a particolari stress ambientali o colturali: in sintesi le piante da cui prelevare i campioni devono essere rappresentative delle condizioni medie della coltura oggetto di indagine. Al contrario, se si intende ricercare le cause che portano ad una particolare sintomatologia presente in una parte della coltura da monitorare, può essere utile prelevare due campioni distinti: piante con sintomo e piante asintomatiche.

Tuttavia in questi casi l'interpretazione dei dati resta comunque difficile: la concentrazione in elementi viene espressa in percentuale sulla sostanza secca e pertanto bisogna considerare che ogni aspetto che influisce sulla produzione di sostanza secca, influisce anche sulla concentrazione degli elementi.

Il campione dovrà essere composito, ovvero formato da più foglie prelevate da diversi individui.

In Figura 6 si evidenzia la variabilità di risultato che si può ottenere dalla combinazione di due variabili: numero di individui e numero di foglie per campione.

Figura 6 – Varianza associata al numero di foglie per campione



Dalla figura emerge come la varianza del dato risulti maggiormente influenzata dal numero di individui campionati che non dal numero di foglie campionato per singolo individuo.

E' consigliabile in genere selezionare un numero maggiore di individui da campionare che non pochi individui da cui prelevare più materiale.

La scelta di un campione composito è importante in quanto la distribuzione degli elementi all'interno di una pianta, persino all'interno di parti di essa, non è mai omogeneo. All'interno di una singola foglia la distribuzione di elementi minerali varia a seconda dell'area che viene analizzata (cima, area superiore, area inferiore, base). Il dato medio della foglia può risultare assai diverso rispetto al dato riscontrabile in una delle suddette parti; per tale motivo è sempre meglio far riferimento al dato medio della lamina fogliare, escludendo di norma il picciolo.

La conservazione del campione raccolto diventa importante se lo stesso non viene consegnato entro 12-24 ore al laboratorio di analisi. Nel caso la consegna al laboratorio ecceda i suddetti tempi, il campione va essiccato all'aria (o in forni, non superando però i 100° C) o mantenuto a temperature intorno ai 5° C (non congelato). Nel caso il campione venga conservato a 5° C, si dovrà porre attenzione anche alle temperature durante la successiva fase di trasporto al laboratorio di destinazione. Per evitare fermentazioni del campione fresco si sconsiglia l'uso di contenitori di plastica, optando per sacchetti di carta.

In Tabella 6 si riportano alcune indicazioni circa le modalità di prelievo per specie orticole.

Tabella 6 – Modalità di prelievo per alcune specie orticole

coltura	stato di crescita	parte della pianta	n° piante e n° foglie
anguria e melone	sempre prima della fioritura	foglie vicino alla base dello stelo principale	20-30 piante 20-30 foglie
asparago	dopo la raccolta dei turioni	apice degli ultimi 25 cm degli steli	20-30 piante
carciofo	predifferenziazione dei capolini	foglie del medio della rosetta	20 piante 20 foglie
carota	a metà del ciclo di crescita	foglie giovani ma mature	25-50 piante 25-50 foglie
cavolfiore cavolo verza	alla formazione dello scapo florale o alla chiusura di quello vegetativo	foglie intermedie fra le più vecchie esterne e le più giovani interne	20 piante 20 foglie
cetriolo (piantine giovani)	piante fino a 5 foglie vere	tutta la pianta fino al colletto	20-25 piante
cetriolo (piante adulte)	inizio fioritura o inizio maturazione	foglie giovani ma mature vicino alla base del fusto principale	20-25 piante 20-25 foglie
cipolla	a metà del ciclo di crescita	foglie intermedie fra le esterne e le interne	20-30 piante 20-30 foglie
fagiolo	prima della fioritura	foglie poste tra il 3° internodo dal basso fino all'apice	100 piante 100 foglie
lattughe e cicorie	50% dello sviluppo totale	foglie esterne	35-50 piante 35-50 foglie
patata (piante giovani)	35-50 o 50-80 gg. dopo l'emergenza	foglie poste a metà dello stelo principale	20-30 piante 20-30 foglie
peperone	a metà del ciclo di crescita	foglie espanse a metà delle branche secondarie	25-30 piante 25-30 foglie
pisello	periodo della fioritura	apici della pianta	25-30 piante 25-30 apici
pomodoro (piante giovani)	inizio fioritura	4°-5° foglia sotto l'apice	25 piante 25 foglie
pomodoro (piante sviluppate)	durante la maturazione	foglie vicino al grappolo	25 piante 25 foglie
sedano	a metà ciclo vegetativo	foglie espanse fra le esterne e le interne	30 piante 30 foglie
spinacio	a metà ciclo vegetativo	foglie giovani ma espanse	35-50 piante 35-50 foglie

ANALISI IN LABORATORIO

Non esiste ad oggi, come invece per i suoli, una metodica ufficiale italiana pubblicata su Gazzetta Ufficiale che stabilisca metodi di laboratorio standardizzati per la determinazione degli elementi nei tessuti vegetali. Pertanto si fa riferimento sempre a metodi sviluppati in ambiti di ricerca e sperimentazione a livello internazionale. Le metodiche di riferimento utilizzate non sono comunque particolarmente complicate e generalmente poco si differenziano fra un laboratorio e l'altro.

In termini generali una volta giunti in laboratorio i campioni sono sottoposti ai seguenti trattamenti:

- decontaminazione (facoltativo)
- essiccamento
- macinazione
- estrazione elementi
- determinazione delle concentrazioni

La decontaminazione è necessaria quando le informazioni ottenute o l'analisi visiva del materiale indicano che il materiale è contaminato (suolo, atmosfera, trattamenti, concimazioni).

In genere gli inquinanti più comuni sono il ferro, lo zolfo e talvolta il manganese. Il lavaggio con acqua o soluzioni acide poco concentrate possono non essere sufficienti. Trattamenti con detergenti senza fosforo e lavaggio successivo con acqua pura sembrano essere più efficaci.

La decontaminazione può essere di norma effettuata solo su campione fresco, ma taluni laboratori la effettuano anche su materiale già secco.

L'essiccamento è un'operazione da effettuare nel più breve tempo possibile per evitare la perdita di sostanza organica e, conseguentemente, l'alterazione dei risultati analitici.

La temperatura di essiccazione non deve essere inferiore a 60-65° C (per garantire la inattivazione degli enzimi che ossidano la sostanza organica) e non deve superare i 105° C (per evitare decomposizione termica della sostanza organica); temperature di 80° C sembrano essere sufficienti per garantire l'asportazione di tutta l'acqua presente nel campione.

La macinazione del campione deve essere fatta con cautela per evitare contaminazioni. Il metodo più sicuro è quello della molitura in mortaio di porcellana o d'agata. L'uso di molini elettrici può causare inquinamento da ferro o da altri elementi contenuti negli organi di macinazione. La finezza di macinazione è importante in relazione al quantitativo di campione a disposizione; in genere sono sufficienti 3-4 g di campione per l'esecuzione delle prove di laboratorio. Più il materiale è fine, maggiore è la rappresentatività dell'aliquota che viene selezionata.

Una volta macinato il campione rischia di riassorbire umidità. Dopo la macinazione occorre chiudere ermeticamente il campione in barattoli; è sconsigliabile conservare per lungo tempo il campione macinato: le condizioni migliori sono a temperature di 0-4° C, al buio, in ambiente secco.

L'estrazione degli elementi totali è preceduta dall'incenerimento a temperature comprese fra 400 e 500° C; il campione viene posto in contenitori di porcellana all'interno delle muffole alla temperatura indicata per almeno 4 ore.

Al termine dell'incenerimento il campione viene disciolto in acido (cloridrico solforico o nitrico) e successivamente sottoposto alle prove di laboratorio (in genere colorimetriche e/o in assorbimento atomico).

E' possibile anche effettuare una digestione umida utilizzando miscele di acidi (solforico, nitrico e cloridrico) con aggiunta di perossido di idrogeno.

Molto rapida ed efficace è la digestione con il forno a microonde, che permette di utilizzare aliquote di acidi inferiori ed ottenere la digestione completa in meno di 1 ora.

Per la determinazione dell'azoto si usa spesso il metodo Kjeldahl, che prevede la digestione del campione seccato (trasformazione in azoto ammoniacale dell'azoto presente nel campione) e la successiva distillazione; con questo metodo non viene però determinato l'azoto presente in forma ossidata (nitrato e nitrito). Con il metodo Dumas è ora possibile determinare l'azoto totale in campione secco attraverso analizzatori elementari.

In Tabella 7 si riportano sinteticamente le principali tecniche oggi utilizzate.

Tabella 7 – Principali tecniche utilizzate per la determinazione degli elementi nei tessuti vegetali

metodo	elementi	tempistica analisi	difficoltà
colorimetrico	Al, B, Cu, Fe, Mn, P, Zn, NO ₃ , NH ₄	lenta	moderatamente elevata
turbidimetrico	K, SO ₄	lenta	moderatamente elevata
fotometria a fiamma	K, Na, Ca, Mg	moderata	moderata
assorbimento atomico	Ca, Cu, Fe, K, Mn, Zn	moderata	moderatamente elevata
emissione al plasma	Al, B, Cu, Fe, K, Mg, Mn, Na, P, Zn	veloce	moderata
elettrodi iono-specifici	NO ₃ , NH ₄ , Cl, F	lenta	moderatamente elevata

ESPRESSIONE DEI RISULTATI DI LABORATORIO

I risultati analitici delle prove di laboratorio vengono espressi, sempre sulla sostanza secca, come % per i macroelementi (N, P, K, Ca, Mg, S) e come ppm (mg/kg) per i microelementi (B, Cl, Cu, Fe, Mo, Mn, Zn). Per i macronutrienti è possibile esprimere i risultati anche in g/kg (%). Alcuni laboratori esprimono il valore dei cationi come meq/100g: il meq si ottiene dividendo il peso atomico dell'elemento considerato per la sua valenza (ad esempio il calcio ha peso atomico pari a 40 e valenza 2; 1 meq pesa 20 mg e se l'analisi ha rilevato 1000 ppm di Ca, è possibile trasformare il dato come segue: $1000 \text{ ppm} / 20 = 50 \text{ meq}$).

ANALISI DI CAMPO

In laboratorio si determina il contenuto totale degli elementi nel tessuto vegetale analizzato. In campo è invece possibile effettuare dei test rapidi colorimetrici su estratti di linfa. Alcuni test non sono propriamente quantitativi, ma qualitativi, fornendo un giudizio positivo o negativo sul test effettuato. In genere i test di campo sono utilizzati per la ricerca di nitrati, fosfati e potassio. L'interpretazione dei risultati richiede molta esperienza di campo e comunque bisogna ricordare che questi test rapidi non sono sostitutivi delle analisi di laboratorio sui tessuti vegetali e/o sul suolo.

Il test di campo per la determinazione dei nitrati può fornire indicazioni per gli interventi di concimazione azotata.

Un ulteriore test di campo è quello che misura la clorofilla presente nei tessuti fogliari delle piante in coltivazione; il dato fornisce in sostanza il valore di intensità di verde, che risulta una misura indiretta del contenuto totale di azoto. L'analisi non è distruttiva e fornisce indicazioni in pochi secondi, permettendo la lettura su diverse foglie e diverse piante in pochi minuti. Anche in questo caso occorre porre molta attenzione nella scelta delle foglie da sottoporre alla lettura; all'interno della stessa pianta le foglie più vecchie forniscono risultati generalmente molto più elevati delle

foglie più giovani. Si consiglia come regola generale di operare su foglie giovani che hanno raggiunto da poco la piena maturità.

UTILIZZO ED INTERPRETAZIONE DEI RISULTATI

In genere i risultati delle analisi sui tessuti vegetali possono permettere di valutare le asportazioni di una coltura durante diverse fasi fenologiche e/o di controllare e verificare il livello di concentrazione in elementi al fine di determinare eventuali incidenze sulla produttività e valutare interventi correttivi per eventuali carenze o eccessi riscontrati.

Nel caso della determinazione delle asportazioni le analisi vanno condotte su tutta la pianta, radici comprese; i risultati, rapportati ad un ettaro di coltura, permettono di valutare le asportazioni della coltivazione. E' possibile anche valutare le asportazioni di singoli organi della pianta, effettuando analisi su campioni distinti di radici, fusto, foglie e frutti. Per l'asportazione globale si consiglia di effettuare il campionamento e l'analisi poco prima della fine del ciclo fenologico annuale, perchè al termine del ciclo vegetativo delle piante annuali e pluriennali, alcuni elementi possono essere persi dalla pianta (essudati radicali e/o dilavamenti).

Suddividendo i campionamenti in diverse fasi del ciclo fenologico è possibile realizzare una curva degli assorbimenti che permette di identificare il variare dei fabbisogni in elementi nel corso della stagione vegetativa.

In Figura 7 e Figura 8 si riportano ad esempio due curve di assorbimento per una coltura di peperone in pieno campo: la prima indica le asportazioni progressive di elementi e permette di rilevare l'asportazione globale della coltura, la seconda le asportazioni nelle varie fasi di crescita, indicando le specifiche necessità di elementi (ed il loro rapporto) in ben precise epoche fenologiche.

Figura 7 – Asportazione progressiva di peperone in pieno campo

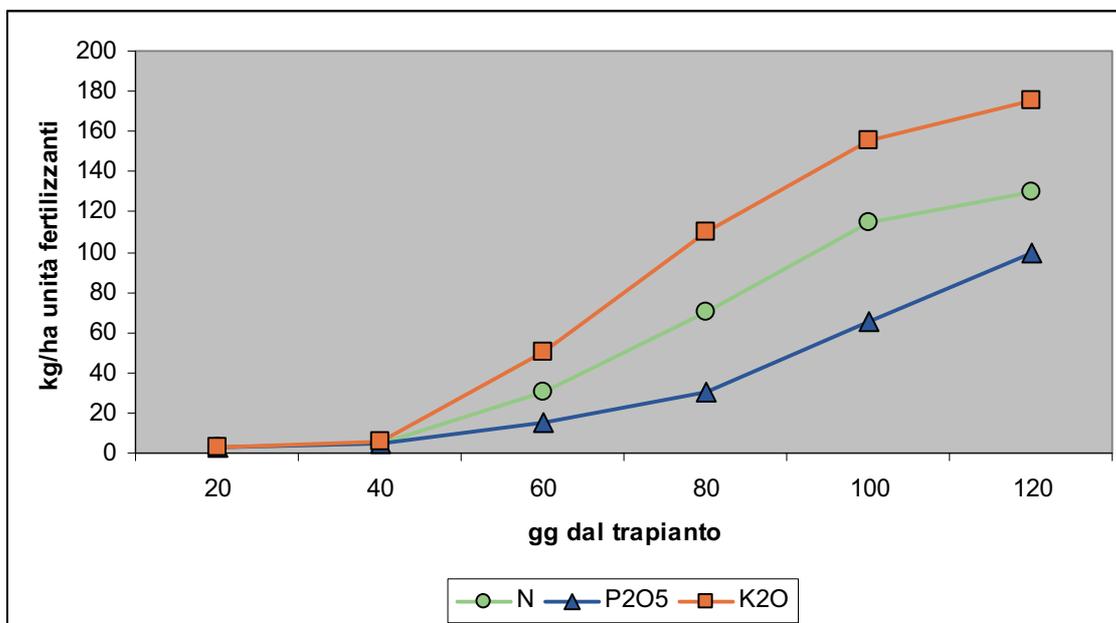
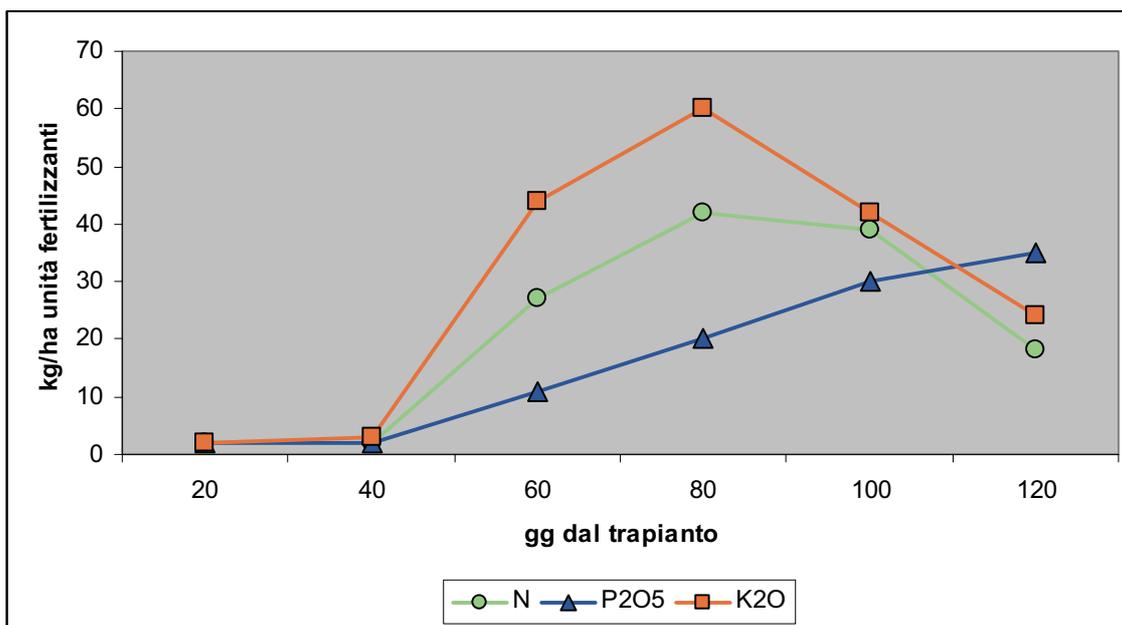


Figura 8 – Asportazione selettiva per fase fenologica di peperone in pieno campo



Per il controllo dello stato nutrizionale delle piante serve individuare un momento fenologico della pianta ed un organo di riferimento che siano suscettibili a riflettere lo stato nutrizionale e gli effetti sulla futura produzione. In genere l'organo di riferimento è la lamina fogliare (a volte comprensiva del picciolo) e il periodo fenologico varia da specie a specie ed è dipendente dalla tipologia dei valori sperimentali di riferimento che si hanno a disposizione, che rivestono in questo caso un ruolo fondamentale e dai quali dipendono l'interpretazione del dato analitico e le successive eventuali azioni correttive.

Infatti, i risultati di laboratorio vengono di norma comparati con valori di riferimento standard, ottenuti sperimentalmente. In genere questi valori di riferimento vengono riportati o come intervalli ottimali (range di valori entro il quale in condizioni ottimali si colloca il dato) o come livelli critici; questi ultimi (livelli critici) possono assumere diverse interpretazioni: limite minimo richiesto per l'ottenimento di una massima produzione o limite critico sopra il quale inizia una decrescita sensibile.

E' comunque difficile individuare un punto assoluto di riferimento: spesso è meglio affidarsi a valori di riferimento che forniscono un intervallo di tolleranza.

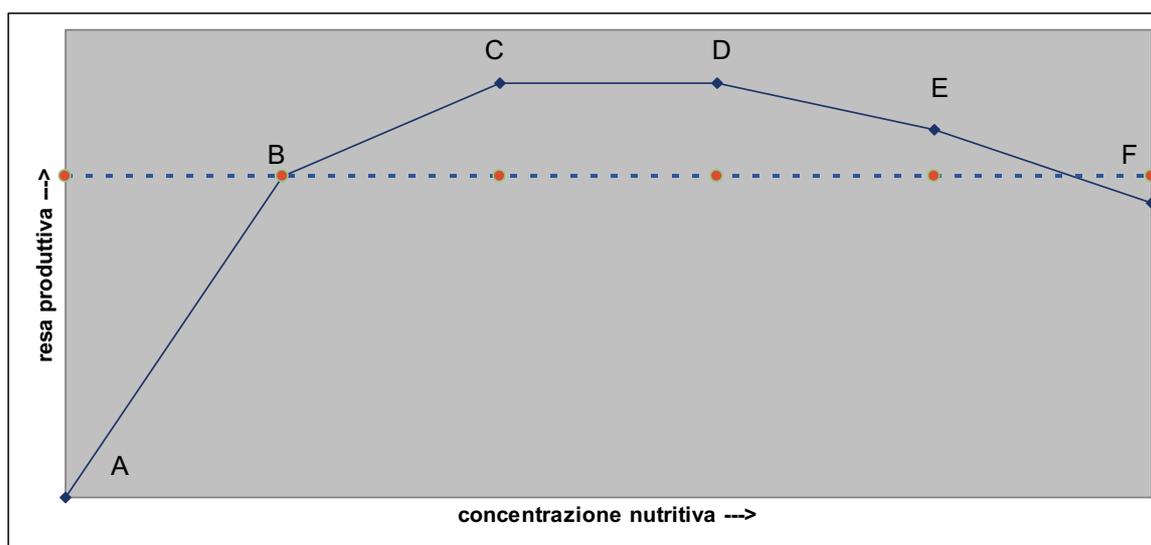
In Figura 9 si riporta l'andamento teorico dello stato nutrizionale di un vegetale, dove si evidenzia un intervallo ottimale ai lati del quale si riduce la produttività causa carenze o fitotossicità.

Nel grafico si rilevano 5 intervalli:

- A-B: carenza grave, manifesta
- B-C: carenza latente, moderata
- C-D: intervallo ottimale, dotazione elevata
- D-E: fitotossicità, eccesso con inizio riduzione produttività
- E-F: fitotossicità grave

Il punto C è il punto teorico di normalità, ovvero massima resa con il minimo consumo possibile.

Figura 9 – Correlazione fra concentrazione nutritiva e produttività



Bisogna inoltre considerare che il metodo comparativo, quello comunque maggiormente utilizzato, interpreta i valori assoluti dei singoli elementi, non tenendo conto delle eventuali interferenze che si sviluppano in una pianta (Tabella 8), così come del resto avviene anche nel suolo. Risulterebbe pertanto importante considerare anche i rapporti fra determinati elementi.

Tabella 8 – Antagonismi e sinergismi tra elementi

	N	P	K	Ca	Mg	Na	Fe	Mn	B	Cu	Zn	Mo
N ↑		±	±	±	+	+	+	+	-	-	+	x
N ↓		±	±	-	-	-	x	x	+	x	x	x
P ↑	+		+	+	±	x	-	±	±	-	-	±
P ↓	+		-	+	±	x	+	x	+	x	+	x
K ↑	±	+		-	-	-	-	±	-	x	-	x
K ↓	±	+		+	+	+	-	x	+	x	x	x
Ca ↑	-	±	-		-	±	-	-	-	-	-	+
Ca ↓	x	±	±		±	x	+	x	x	+	+	x
Mg ↑	x	+	-	-		-	+	-	x	x	+	x
Mg ↓	±	±	+	+		+	x	x	+	+	+	x
Fe ↑	x	-	x	+	x	x		-	x	-	x	-
Fe ↓	x	±	+	x	x	x		+	x	x	+	+
Mn ↑	+	+	+	x	+	x	-		x	-	-	+
Mn ↓	+	x	x	-	x	x	x		x	x	+	+
B ↑	+	±	+	-	x	x	x	±		x	+	x
B ↓	+	+	x	-	x	x	x	x		x	x	x
Cu ↑	±	±	+	x	x	-	-	-	x		±	-
Cu ↓	x	+	x	-	x	x	+	x	x		x	+
Zn ↑	±	-	±	x	x	x	-	-	x	-		x
Zn ↓	+	+	x	x	x	x	+	+	+	+		+
Mo ↑	+	+	x	+	x	x	±	x	x	-	x	
Mo ↓	+	+	x	x	x	x	-	x	x	+	x	

Legenda: ↑ eccesso; ↓ carenza; + sinergismo; - antagonismo; x nessuna influenza. In **giallo** le maggiori interferenze

I rapporti più interessanti possono variare da coltura a coltura in base a specifiche sensibilità alle carenze o agli eccessi.

In Tabella 9 si evidenziano, per alcune specie vegetali orticole, gli elementi principali per i quali è presente una maggiore sensibilità.

Tabella 9 – Esempi di sensibilità specifica a carenze per alcune specie orticole

Coltura	N	P	K	Mg	Ca	Fe	Mn	Zn	Cu	B
barbabietola	x	x	x	x		x	x		x	x
crucifere	x	x	x	x	x	x	x			x
leguminose	x	x	x	x	x	x	x	x		x
patata	x	x	x	x	x	x	x	x	x	
pomodoro	x	x	x	x	x	x	x	x	x	
peperone	x	x	x	x	x	x	x		x	
cucurbitacee	x	x	x	x	x	x	x	x		
fragola	x	x	x	x		x	x			
spinacio	x	x	x	x		x	x		x	
carota	x	x	x	x	x	x			x	

Non sempre però sono disponibili dati sperimentali e bibliografici sui rapporti ottimali fra gli elementi riferiti a singole specie tali da permettere un'analisi comparativa anche sui rapporti fra gli elementi.

Esiste un altro metodo di diagnosi, definito DRIS (Diagnosis and Recommendation Integrated System – Beaufils 1973). Il principio si basa sul fatto che durante il ciclo della pianta si assiste al progressivo calo delle concentrazioni di azoto, fosforo e potassio, mentre aumentano calcio e magnesio. Queste variazioni sono molto elevate ed evidenziano la difficoltà a comparare il dato analitico dei singoli elementi con valori standard di riferimento in quanto non sempre l'età del campione corrisponde a quella dello standard. Invece è stato dimostrato che il rapporto tra gli elementi nutritivi ha una varianza molto piccola, sia fra elementi che hanno la stessa tendenza (calo o aumento) o che hanno tendenza opposta (uno che cala e l'altro che cresce). Da qui la proposta a interpretare i rapporti fra specifici elementi piuttosto che i valori assoluti dei singoli.

Con il metodo DRIS si possono seguire due percorsi interpretativi: quello del diagramma e quello dell'indice. Tuttavia, per essere applicato, il metodo richiede la conoscenza per ciascuna coltura dei valori ottimali dei rapporti nutritivi e la deviazione standard di questi dati, informazioni oggi difficilmente reperibili.

L'interpretazione dei dati delle analisi fogliari è un settore ancora in corso di perfezionamento.

Ad oggi si consiglia di far riferimento a valori standard sperimentali disponibili in bibliografia, avendo l'accuratezza di rispettare il più possibile le indicazioni annesse al dato standard di riferimento, in particolare in merito all'epoca ed alla modalità di coltivazione e di campionamento.

Al fine di fornire un contributo pratico per un adeguato utilizzo delle analisi fogliari, obiettivo del presente manuale tecnico, si forniscono per le principali specie orticole coltivate delle tabelle con indicati i valori sperimentali di riferimento utilizzabili unitamente alle indicazioni relative alle epoche e modalità di campionamento.

Nelle tabelle i dati di riferimento possono essere indicati come intervalli o valori medi di riferimento, come di seguito meglio specificato:

- intervallo di sufficienza: il valore ottimale di normalità si posiziona al centro dell'intervallo fornito; i valori minimi e massimi possono non corrispondere esattamente al punto di carenza o eccesso;
- intervallo ottimale: definisce con precisione il minimo e massimo intervallo di normalità, al di sopra o al di sotto del quale compaiono sintomi di tossicità e carenza;
- valore medio di normalità: fornisce un valore medio per il quale non si sono osservati sintomi di carenza e/o tossicità.

Principale bibliografia consultata

Analisi degli organi vegetali – Mario Panero – Reda – 1990

Diagnosis of Mineral Disorders in Plants – Volume I Principles – UK Ministry of Agriculture, Fisheries and Food - 1983

Diagnosis of Mineral Disorders in Plants – Volume II Vegetables – UK Ministry of Agriculture, Fisheries and Food - 1983

Diagnosis of Mineral Disorders in Plants – Volume III Glasshouse Crops – UK Ministry of Agriculture, Fisheries and Food – 1987

Plant Analysis Handbook II – H.A. Mills, J. Benton Jones Jr – MicroMacro Publishing, Inc. – 1996

***Fotografie in appendice tratte dai volumi “Diagnosis of Mineral Disorders in Plant – I-II-III”
UK Ministry of Agriculture, Fisheries and Food.***

Licenza Public Sector Information, UK, numero C2009002332, anno 2009

APPENDICE

TABELLE INTERPRETATIVE DELLE ANALISI FOGLIARI – SPECIE ORTICOLE

Allium cepa – cipolla

Dati campione standard di riferimento:

provenienza: produzione in campo

tipo campione: porzione verde di 12 cime

epoca campionamento: metà maturità

INTERVALLO DI SUFFICIENZA

elemento	%	elemento	ppm
N	5,00-6,00	Fe	60-300
P	0,35-0,50	Mn	50-250
K	4,00-5,50	B	22-60
Ca	1,00-3,50	Cu	15-35
Mg	0,30-0,50	Zn	25-100
S	0,50-1,00	Mo	

Allium sativum – aglio

Dati campione standard di riferimento:

provenienza: produzione in campo

tipo campione: 12 foglie di recente piena maturazione

epoca campionamento: pre-formazione del bulbo

INTERVALLO DI SUFFICIENZA

elemento	%	elemento	ppm
N	4,40-5,00	Fe	
P	0,30-0,60	Mn	
K	3,90-4,80	B	
Ca	0,80-1,50	Cu	
Mg	0,15-0,25	Zn	
S		Mo	

TABELLE INTERPRETATIVE DELLE ANALISI FOGLIARI – SPECIE ORTICOLE

Allium sativum – aglio

Dati campione standard di riferimento:

provenienza: produzione in campo

tipo campione: 12 foglie di recente piena maturazione

epoca campionamento: formazione del bulbo

INTERVALLO DI SUFFICIENZA

elemento	%	elemento	ppm
N	3,40-4,50	Fe	
P	0,28-0,50	Mn	
K	3,00-4,50	B	
Ca	1,00-1,80	Cu	
Mg	0,23-0,30	Zn	
S		Mo	

Allium sativum– aglio

Dati campione standard di riferimento:

provenienza: produzione in campo

tipo campione: 12 foglie di recente piena maturazione

epoca campionamento: post maturazione

INTERVALLO DI SUFFICIENZA

elemento	%	elemento	ppm
N	2,90-3,50	Fe	
P	0,26-0,40	Mn	
K	1,80-2,80	B	
Ca	1,50-2,50	Cu	
Mg	0,25-0,35	Zn	
S		Mo	

TABELLE INTERPRETATIVE DELLE ANALISI FOGLIARI – SPECIE ORTICOLE

Apium graveolens var. Dulce – sedano da costa

Dati campione standard di riferimento:

provenienza: produzione in campo

tipo campione: 12 piccioli da foglie di recente maturazione

epoca campionamento: 6 settimane di coltivazione

INTERVALLO DI SUFFICIENZA

elemento	%	elemento	ppm
N	1,60-2,00	Fe	30-100
P	0,30-0,60	Mn	10-100
K	8,60-10,00	B	25-50
Ca	2,20-3,50	Cu	5-15
Mg	0,25-0,50	Zn	25-100
S		Mo	

Apium graveolens var. Dulce – sedano da costa

Dati campione standard di riferimento:

provenienza: produzione in campo

tipo campione: 12 foglie mature di nuova crescita

epoca campionamento: piante mature non fiorite

INTERVALLO DI SUFFICIENZA

elemento	%	elemento	ppm
N	2,50-3,50	Fe	30-70
P	0,30-0,50	Mn	100-300
K	4,00-7,00	B	30-60
Ca	0,60-3,00	Cu	5-8
Mg	0,20-0,50	Zn	20-70
S	0,20	Mo	

TABELLE INTERPRETATIVE DELLE ANALISI FOGLIARI – SPECIE ORTICOLE

Apium graveolens var. Dulce – sedano da costa

Dati campione standard di riferimento:

provenienza: produzione in serra

tipo campione: 12 foglie mature di nuova crescita

epoca campionamento: piante mature non fiorite

VALORE MEDIO DI NORMALITA'

elemento	%	elemento	ppm
N	2,52	Fe	
P	0,62	Mn	
K	7,82	B	
Ca	0,56	Cu	
Mg	0,32	Zn	
S	0,22	Mo	

Asparagus officinalis - asparago

Dati campione standard di riferimento:

provenienza: produzione in campo

tipo campione: 10 cime di 15 cm

epoca campionamento: metà estate

INTERVALLO DI SUFFICIENZA

elemento	%	elemento	ppm
N	4,50-5,50	Fe	
P	0,35-0,50	Mn	
K	3,50-4,50	B	
Ca		Cu	
Mg		Zn	
S		Mo	

TABELLE INTERPRETATIVE DELLE ANALISI FOGLIARI – SPECIE ORTICOLE

Asparagus officinalis - asparago

Dati campione standard di riferimento:

provenienza: produzione in campo

tipo campione: 10 cime di 50 cm

epoca campionamento: fine estate

INTERVALLO DI SUFFICIENZA

elemento	%	elemento	ppm
N	2,40-4,00	Fe	40-250
P	0,20-0,50	Mn	10-200
K	1,50-2,80	B	25-100
Ca	0,40-1,00	Cu	5-25
Mg	0,15-0,30	Zn	20-100
S		Mo	

Beta vulgaris Crassa - bietola

Dati campione standard di riferimento:

provenienza: produzione in campo

tipo campione: 20 foglie mature di nuova crescita

epoca campionamento: estate

INTERVALLO DI SUFFICIENZA

elemento	%	elemento	ppm
N	3,50-5,50	Fe	50-200
P	0,25-0,50	Mn	50-250
K	3,00-4,50	B	30-85
Ca	2,50-3,50	Cu	5-15
Mg	0,30-1,00	Zn	15-200
S		Mo	

TABELLE INTERPRETATIVE DELLE ANALISI FOGLIARI – SPECIE ORTICOLE

Brassica oleracea var. Acephala – cavolo nero

Dati campione standard di riferimento:

provenienza: produzione in campo

tipo campione: 12 foglie mature di nuova crescita

epoca campionamento: metà coltivazione

INTERVALLO DI SUFFICIENZA

elemento	%	elemento	ppm
N	4,00-5,00	Fe	50-150
P	0,30-0,70	Mn	30-250
K	3,00-4,50	B	30-100
Ca	3,00-4,00	Cu	4-20
Mg	0,25-0,75	Zn	20-100
S		Mo	

Brassica oleracea var. Acephala – cavolo riccio

Dati campione standard di riferimento:

provenienza: produzione in campo

tipo campione: 12 foglie mature di nuova crescita

epoca campionamento: metà coltivazione

INTERVALLO OTTIMALE

elemento	%	elemento	ppm
N	3,10-5,50	Fe	60-300
P	0,30-0,70	Mn	30-250
K	2,00-4,00	B	30-100
Ca	1,30-2,50	Cu	4-25
Mg	0,25-0,70	Zn	30-250
S		Mo	0,10-0,15

TABELLE INTERPRETATIVE DELLE ANALISI FOGLIARI – SPECIE ORTICOLE

Brassica oleracea var. Alboglabra – broccolo cinese

Dati campione standard di riferimento:

provenienza: produzione in campo

tipo campione: 12 foglie mature di nuova crescita

epoca campionamento: stadio a 8 foglie

INTERVALLO DI SUFFICIENZA

elemento	%	elemento	ppm
N	4,50-5,50	Fe	31-200
P	0,50-0,60	Mn	25-200
K	7,50-9,00	B	23-75
Ca	3,00-5,50	Cu	5-25
Mg	0,35-0,50	Zn	30-200
S		Mo	

Brassica oleracea var. Alboglabra – broccolo cinese

Dati campione standard di riferimento:

provenienza: produzione sperimentale

tipo campione: 12 foglie mature di nuova crescita

epoca campionamento: piante mature

INTERVALLO OTTIMALE

elemento	%	elemento	ppm
N	2,96-5,14	Fe	48-89
P	0,31-0,68	Mn	40-57
K	2,55-4,04	B	12-17
Ca	2,10-3,20	Cu	2-5
Mg	0,31-0,52	Zn	21-35
S	0,28-0,42	Mo	1,00-2,30
Na	230-437 ppm	Al	62-118 ppm

TABELLE INTERPRETATIVE DELLE ANALISI FOGLIARI – SPECIE ORTICOLE

Brassica oleracea var. Botrytis – cavolfiore

Dati campione standard di riferimento:

provenienza: produzione in campo

tipo campione: 12 foglie mature di nuova crescita

epoca campionamento: formazione della testa

INTERVALLO DI SUFFICIENZA

elemento	%	elemento	ppm
N	3,30-4,50	Fe	30-200
P	0,33-0,80	Mn	25-250
K	2,60-4,20	B	30-100
Ca	2,00-3,50	Cu	4-15
Mg	0,24-0,50	Zn	20-250
S		Mo	0,50-0,80

Brassica oleracea var. Capitata – cavolo cappuccio

Dati campione standard di riferimento:

provenienza: produzione in campo

tipo campione: 15 cime intere

epoca campionamento: a 2-6 settimane di coltivazione

INTERVALLO DI SUFFICIENZA

elemento	%	elemento	ppm
N	3,00-5,00	Fe	30-200
P	0,35-0,75	Mn	50-200
K	3,50-6,00	B	25-75
Ca	3,00-4,50	Cu	5-15
Mg	0,50-2,00	Zn	25-200
S		Mo	

TABELLE INTERPRETATIVE DELLE ANALISI FOGLIARI – SPECIE ORTICOLE

Brassica oleracea var. Capitata – cavolo cappuccio

Dati campione standard di riferimento:

provenienza: produzione in campo

tipo campione: 12 foglie

epoca campionamento: a 2-3 mesi di coltivazione

INTERVALLO DI SUFFICIENZA

elemento	%	elemento	ppm
N	3,60-5,00	Fe	30-200
P	0,33-0,75	Mn	25-200
K	3,00-5,00	B	25-75
Ca	1,10-3,00	Cu	5-15
Mg	0,40-0,75	Zn	20-200
S	0,30-0,75	Mo	0,40-0,70

Brassica oleracea var. Capitata – cavolo cappuccio

Dati campione standard di riferimento:

provenienza: produzione in campo

tipo campione: 12 foglie

epoca campionamento: piante mature

INTERVALLO DI SUFFICIENZA

elemento	%	elemento	ppm
N	3,00-4,80	Fe	30-200
P	0,30-0,65	Mn	25-200
K	2,00-4,00	B	30-100
Ca	1,30-3,50	Cu	5-15
Mg	0,25-0,80	Zn	20-200
S	0,30-0,75	Mo	0,30-1,00

TABELLE INTERPRETATIVE DELLE ANALISI FOGLIARI – SPECIE ORTICOLE

Brassica oleracea var. Gemmifera – cavolo di Bruxelles

Dati campione standard di riferimento:

provenienza: produzione in campo

tipo campione: 12 foglie mature di nuova crescita

epoca campionamento: a maturità

INTERVALLO DI SUFFICIENZA

elemento	%	elemento	ppm
N	3,10-5,50	Fe	60-300
P	0,30-0,75	Mn	25-200
K	2,00-4,00	B	30-100
Ca	1,00-2,50	Cu	5-15
Mg	0,25-0,75	Zn	25-200
S	0,30-0,75	Mo	0,25-1,00

Brassica oleracea var. Gongylodes – cavolo rapa

Dati campione standard di riferimento:

provenienza: produzione in campo e di sperimentazione

tipo campione: 12 foglie mature di nuova crescita

epoca campionamento: metà stagione

INTERVALLO DI SUFFICIENZA

elemento	%	elemento	ppm
N	2,90-5,00	Fe	50-300
P	0,30-0,70	Mn	32-250
K	2,49-4,50	B	16-75
Ca	1,85-3,50	Cu	3-30
Mg	0,26-0,50	Zn	23-250
S	0,34-0,80	Mo	2,30
Na	180 ppm	Al	52

TABELLE INTERPRETATIVE DELLE ANALISI FOGLIARI – SPECIE ORTICOLE

Brassica oleracea var. Gongylodes – cavolo rapa

Dati campione standard di riferimento:

provenienza: produzione in serra

tipo campione: 12 foglie mature di nuova crescita

epoca campionamento: pianta matura prima della fioritura

VALORE MEDIO DI NORMALITA'

elemento	%	elemento	ppm
N	4,76	Fe	67
P		Mn	16-27
K		B	43-54
Ca	2,81-3,61	Cu	
Mg	0,29-0,70	Zn	39
S	1,28	Mo	

Brassica oleracea var. Italica – cavolo broccolo

Dati campione standard di riferimento:

provenienza: produzione in campo

tipo campione: 12 foglie mature di nuova crescita

epoca campionamento: alla formazione della testa

INTERVALLO DI SUFFICIENZA

elemento	%	elemento	ppm
N	3,20-5,50	Fe	70-300
P	0,30-0,75	Mn	25-200
K	2,00-4,00	B	30-100
Ca	1,00-2,50	Cu	4-15
Mg	0,23-0,75	Zn	20-200
S	0,30-0,75	Mo	0,30-0,50

TABELLE INTERPRETATIVE DELLE ANALISI FOGLIARI – SPECIE ORTICOLE

Brassica rapa rapa – cavolo rapa

Dati campione standard di riferimento:

provenienza: produzione in campo e sperimentale

tipo campione: 12 foglie sviluppate di recente maturazione

epoca campionamento: metà stagione vegetativa

INTERVALLO DI SUFFICIENZA

elemento	%	elemento	ppm
N	3,50-5,00	Fe	40-300
P	0,33-0,60	Mn	40-250
K	3,50-5,00	B	40-100
Ca	1,50-4,00	Cu	6-25
Mg	0,30-1,00	Zn	20-250
S	0,54	Mo	2,48
Na	361 ppm	Al	377 ppm

Capsicum annuum – peperoncino

Dati campione standard di riferimento:

provenienza: produzione in campo

tipo campione: 25 foglie di recente maturazione

epoca campionamento: giovani piante ad inizio fioritura

INTERVALLO DI SUFFICIENZA

elemento	%	elemento	ppm
N	4,00-6,00	Fe	60-300
P	0,35-1,00	Mn	50-250
K	4,00-6,00	B	25-75
Ca	1,00-2,50	Cu	6-25
Mg	0,30-1,00	Zn	20-200
S		Mo	

TABELLE INTERPRETATIVE DELLE ANALISI FOGLIARI – SPECIE ORTICOLE

Capsicum annuum – peperoncino

Dati campione standard di riferimento:

provenienza: produzione in campo

tipo campione: 25 foglie di recente maturazione

epoca campionamento: piante mature in piena produzione

INTERVALLO DI SUFFICIENZA

elemento	%	elemento	ppm
N	3,50-5,00	Fe	60-300
P	0,22-0,70	Mn	50-250
K	3,50-4,50	B	25-75
Ca	1,30-2,80	Cu	6-25
Mg	0,30-2,80	Zn	20-200
S		Mo	

Cichorium endivia – scarola

Dati campione standard di riferimento:

provenienza: produzione in campo

tipo campione: 10 foglie più vecchie

epoca campionamento: stadio a 8 foglie

INTERVALLO DI SUFFICIENZA

elemento	%	elemento	ppm
N	4,30-5,00	Fe	40-150
P	0,40-0,70	Mn	15-250
K	5,00-6,00	B	25-75
Ca	1,50-2,50	Cu	5-25
Mg	1,50-2,50	Zn	30-250
S	0,25-0,50	Mo	

TABELLE INTERPRETATIVE DELLE ANALISI FOGLIARI – SPECIE ORTICOLE

Cichorium endivia – scarola

Dati campione standard di riferimento:

provenienza: produzione in serra

tipo campione: 10 foglie più vecchie

epoca campionamento: piante mature non fiorite

VALORE MEDIO DI NORMALITA'

elemento	%	Elemento	ppm
N	4,20	Fe	
P	0,50	Mn	
K	7,82	B	
Ca	1,00	Cu	
Mg	0,36	Zn	
S	0,45	Mo	

Citrullus lanatus - cocomero

Dati campione standard di riferimento:

provenienza: produzione in campo

tipo campione: 12 foglie aperte (5° foglia dall'apice)

epoca campionamento: inizio fioritura

INTERVALLO DI SUFFICIENZA

elemento	%	elemento	ppm
N	4,00-5,50	Fe	50-300
P	0,30-0,80	Mn	50-250
K	4,00-5,00	B	25-60
Ca	1,70-3,00	Cu	6-20
Mg	0,50-0,80	Zn	20-50
S		Mo	

TABELLE INTERPRETATIVE DELLE ANALISI FOGLIARI – SPECIE ORTICOLE

Citrullus lanatus - cocomero

Dati campione standard di riferimento:

provenienza: produzione in campo

tipo campione: 12 foglie mature di nuova crescita

epoca campionamento: piante mature con frutti piccoli

INTERVALLO DI SUFFICIENZA

elemento	%	elemento	ppm
N	2,00-3,00	Fe	100-300
P	0,20-0,30	Mn	60-240
K	2,50-3,50	B	30-80
Ca	2,50-3,50	Cu	4-8
Mg	0,60-3,50	Zn	20-60
S		Mo	

Citrullus lanatus - cocomero

Dati campione standard di riferimento:

provenienza: produzione in campo

tipo campione: 12 foglie aperte (5° foglia dall'apice)

epoca campionamento: inizio maturazione

INTERVALLO DI SUFFICIENZA

elemento	%	elemento	ppm
N	4,00-5,00	Fe	50-300
P	0,25-0,70	Mn	40-250
K	3,50-4,50	B	25-60
Ca	2,00-3,20	Cu	5-20
Mg	0,30-0,80	Zn	20-250
S		Mo	

TABELLE INTERPRETATIVE DELLE ANALISI FOGLIARI – SPECIE ORTICOLE

Cucumis melo (Cantaloupenensis e Reticulatus) – melone (liscio e retato)

Dati campione standard di riferimento:

provenienza: produzione in campo

tipo campione: 12 foglie aperte (5° foglia dall'apice)

epoca campionamento: inizio fioritura

INTERVALLO DI SUFFICIENZA

elemento	%	elemento	ppm
N	4,50-5,50	Fe	50-300
P	0,30-0,80	Mn	50-250
K	4,00-5,00	B	25-60
Ca	2,30-3,00	Cu	7-30
Mg	0,35-0,80	Zn	20-200
S	0,25-1,40	Mo	

Cucumis melo (Cantaloupenensis e Reticulatus) – melone (liscio e retato)

Dati campione standard di riferimento:

provenienza: produzione in campo

tipo campione: 12 foglie aperte (5° foglia dall'apice)

epoca campionamento: inizio maturazione

INTERVALLO DI SUFFICIENZA

elemento	%	elemento	ppm
N	4,09-5,00	Fe	50-300
P	0,25-0,80	Mn	50-250
K	3,59-5,00	B	25-60
Ca	2,30-3,20	Cu	7-30
Mg	0,35-0,80	Zn	20-200
S	0,23-1,40	Mo	

TABELLE INTERPRETATIVE DELLE ANALISI FOGLIARI – SPECIE ORTICOLE

Cucumis melo (Inodorus) – melone d’inverno

Dati campione standard di riferimento:

provenienza: produzione in campo

tipo campione: 12 foglie aperte (5° foglia dall’apice)

epoca campionamento: inizio fioritura

INTERVALLO DI SUFFICIENZA

elemento	%	elemento	ppm
N	4,50-5,50	Fe	50-300
P	0,30-0,80	Mn	50-250
K	4,00-5,00	B	25-60
Ca	2,30-3,00	Cu	7-30
Mg	0,35-0,80	Zn	20-200
S	0,25-1,40	Mo	

Cucumis melo (Inodorus) – melone d’inverno

Dati campione standard di riferimento:

provenienza: produzione in campo

tipo campione: 12 foglie aperte (5° foglia dall’apice)

epoca campionamento: inizio maturazione

INTERVALLO DI SUFFICIENZA

elemento	%	elemento	ppm
N	4,09-5,00	Fe	50-300
P	0,25-0,60	Mn	50-250
K	3,59-4,50	B	25-60
Ca	2,59-3,20	Cu	7-30
Mg	0,35-0,80	Zn	20-200
S	0,23-1,20	Mo	

TABELLE INTERPRETATIVE DELLE ANALISI FOGLIARI – SPECIE ORTICOLE

Cucumis sativus – cetriolo

Dati campione standard di riferimento:

provenienza: produzione in campo

tipo campione: 12 foglie (5° foglia dall'apice)

epoca campionamento: inizio fioritura

INTERVALLO DI SUFFICIENZA

elemento	%	elemento	ppm
N	4,50-6,00	Fe	50-300
P	0,34-1,25	Mn	50-300
K	3,90-5,00	B	25-60
Ca	1,40-3,50	Cu	7-20
Mg	0,30-1,00	Zn	25-100
S	0,40-0,70	Mo	0,80-0,33

Cucumis sativus – cetriolo

Dati campione standard di riferimento:

provenienza: produzione in campo

tipo campione: 12 foglie (5° foglia dall'apice)

epoca campionamento: inizio maturazione

INTERVALLO DI SUFFICIENZA

elemento	%	elemento	ppm
N	3,50-6,00	Fe	50-300
P	0,25-1,25	Mn	50-400
K	3,50-5,50	B	25-100
Ca	1,50-5,50	Cu	5-20
Mg	1,50-4,00	Zn	25-300
S	0,30-1,00	Mo	0,80-0,40

TABELLE INTERPRETATIVE DELLE ANALISI FOGLIARI – SPECIE ORTICOLE

Cucurbita maxima – zucca

Dati campione standard di riferimento:

provenienza: produzione in campo

tipo campione: 12 foglie mature fra le più recenti

epoca campionamento: estate

INTERVALLO DI SUFFICIENZA

elemento	%	elemento	ppm
N	4,00-6,00	Fe	50-200
P	0,60-0,70	Mn	50-250
K	3,00-5,00	B	25-75
Ca	1,20-2,50	Cu	7-25
Mg	0,30-2,50	Zn	20-200
S		Mo	> 0,50

Cucurbita pepo - zuccina

Dati campione standard di riferimento:

provenienza: produzione in campo

tipo campione: 12 foglie mature fra le più recenti

epoca campionamento: estate

INTERVALLO DI SUFFICIENZA

elemento	%	elemento	ppm
N	4,00-6,00	Fe	50-200
P	0,30-0,50	Mn	50-250
K	3,00-5,00	B	25-75
Ca	1,20-2,50	Cu	10-25
Mg	0,30-1,00	Zn	20-200
S		Mo	

TABELLE INTERPRETATIVE DELLE ANALISI FOGLIARI – SPECIE ORTICOLE

Cucurbita pepo – zucchina

Dati campione standard di riferimento:

provenienza: produzione in serra

tipo campione: 12 foglie mature fra le più recenti

epoca campionamento: piante mature non ancora produttive

VALORE MEDIO DI NORMALITA'

elemento	%	elemento	ppm
N	4,90	Fe	112
P	0,93	Mn	82
K	3,71	B	38
Ca	1,40	Cu	13
Mg	0,49	Zn	92
S	0,32	Mo	

Daucus carota ssp. sativus - carota

Dati campione standard di riferimento:

provenienza: produzione in campo

tipo campione: 15 foglie mature di nuova crescita

epoca campionamento: metà coltivazione

INTERVALLO DI SUFFICIENZA

elemento	%	elemento	ppm
N	2,10-3,50	Fe	50-350
P	0,20-0,50	Mn	60-300
K	2,50-4,30	B	30-100
Ca	1,40-3,00	Cu	5-15
Mg	0,30-3,00	Zn	25-250
S		Mo	0,50-1,50

TABELLE INTERPRETATIVE DELLE ANALISI FOGLIARI – SPECIE ORTICOLE

Daucus carota ssp. sativus - carota

Dati campione standard di riferimento:

provenienza: produzione in campo

tipo campione: 15 foglie delle più vecchie

epoca campionamento: piante mature

INTERVALLO DI SUFFICIENZA

elemento	%	elemento	ppm
N	3,00-3,50	Fe	50-300
P	0,20-0,40	Mn	50-200
K	2,90-3,50	B	30-75
Ca	1,00-2,00	Cu	5-15
Mg	0,25-0,60	Zn	20-250
S		Mo	0,50-1,40

Eruca sativa - rucola

Dati campione standard di riferimento:

provenienza: test sperimentali

tipo campione: 40 foglie completamente sviluppate

epoca campionamento: estate

INTERVALLO OTTIMALE

elemento	%	elemento	ppm
N	2,86-3,97	Fe	187-215
P	0,61-0,72	Mn	38-44
K	4,80-5,16	B	20-25
Ca	2,40-2,46	Cu	3-5
Mg	0,28-0,29	Zn	40-45
S	0,52-0,55	Mo	5,70-5,90
Na	173-185 ppm	Al	440-528 ppm

TABELLE INTERPRETATIVE DELLE ANALISI FOGLIARI – SPECIE ORTICOLE

Lactuca sativa var. Capitata – lattuga da taglio

Dati campione standard di riferimento:

provenienza: produzione in campo

tipo campione: 12 foglie mature fra le più vecchie

epoca campionamento: stadio a 8 foglie

INTERVALLO DI SUFFICIENZA

elemento	%	elemento	ppm
N	4,70-5,50	Fe	50-100
P	0,50-1,00	Mn	15-250
K	7,50-9,00	B	23-50
Ca	2,00-3,00	Cu	8-25
Mg	0,50-0,80	Zn	25-250
S		Mo	

Lactuca sativa var. Capitata – lattuga da taglio

Dati campione standard di riferimento:

provenienza: produzione in campo

tipo campione: 12 foglie completamente espanse

epoca campionamento: piante mature

INTERVALLO DI SUFFICIENZA

elemento	%	elemento	ppm
N	4,00-5,00	Fe	50-100
P	0,40-0,60	Mn	15-250
K	6,00-7,00	B	25-60
Ca	2,30-3,50	Cu	8-25
Mg	0,50-3,50	Zn	25-250
S		Mo	

TABELLE INTERPRETATIVE DELLE ANALISI FOGLIARI – SPECIE ORTICOLE

Lactuca sativa var. Capitata – lattuga da taglio

Dati campione standard di riferimento:

provenienza: produzione in serra

tipo campione: 12 foglie mature fra le più recenti

epoca campionamento: piante mature

INTERVALLO OTTIMALE

elemento	%	elemento	ppm
N	4,20-5,60	Fe	168-223
P	0,62-0,77	Mn	55-110
K	7,82-13,68	B	32-43
Ca	0,80-1,20	Cu	6-16
Mg	0,24-0,73	Zn	33-196
S	0,26-0,32	Mo	0,29-0,58

Lactuca sativa var. Capitata (Iceberg)– lattuga da taglio (Iceberg)

Dati campione standard di riferimento:

provenienza: produzione in campo

tipo campione: 12 foglie mature

epoca campionamento: piante mature

INTERVALLO DI SUFFICIENZA

elemento	%	elemento	ppm
N	3,80-5,00	Fe	50-100
P	0,45-0,60	Mn	12-250
K	6,60-9,00	B	23-50
Ca	1,50-2,25	Cu	7-25
Mg	1,50-2,25	Zn	25-250
S		Mo	

TABELLE INTERPRETATIVE DELLE ANALISI FOGLIARI – SPECIE ORTICOLE

Lactuca sativa var. Capitata (Iceberg) – lattuga da taglio (Iceberg)

Dati campione standard di riferimento:

provenienza: produzione in campo

tipo campione: 12 foglie mature

epoca campionamento: piante pronte alla raccolta

INTERVALLO DI SUFFICIENZA

elemento	%	elemento	ppm
N	2,50-4,00	Fe	50-500
P	0,40-0,60	Mn	30-90
K	6,00-8,00	B	30-100
Ca	1,40-2,00	Cu	7-10
Mg	0,50-0,70	Zn	25-100
S	0,20-0,40	Mo	0,10-0,40

Lactuca sativa var. Longifolia (Romana)– lattuga da taglio (Romana)

Dati campione standard di riferimento:

provenienza: produzione in campo

tipo campione: 12 foglie mature

epoca campionamento: piante mature

INTERVALLO DI SUFFICIENZA

elemento	%	elemento	ppm
N	3,50-4,50	Fe	40-100
P	0,45-0,80	Mn	11-250
K	5,50-6,20	B	25-60
Ca	2,00-2,80	Cu	5-20
Mg	0,60-0,80	Zn	20-250
S		Mo	

TABELLE INTERPRETATIVE DELLE ANALISI FOGLIARI – SPECIE ORTICOLE

Lycopersicon lycopersicum – pomodoro

Dati campione standard di riferimento:

provenienza: produzione in campo

tipo campione: 15 foglie composte vicine alla fioritura apicale

epoca campionamento: piante in fioritura

INTERVALLO DI SUFFICIENZA

elemento	%	elemento	ppm
N	4,00-6,00	Fe	40-300
P	0,25-0,80	Mn	40-500
K	2,50-5,00	B	25-75
Ca	1,00-3,00	Cu	5-20
Mg	0,40-0,90	Zn	20-50
S	0,30-1,20	Mo	> 0,60

Lycopersicon lycopersicum – pomodoro

Dati campione standard di riferimento:

provenienza: produzione in serra

tipo campione: 15 foglie mature di nuova crescita

epoca campionamento: piante matura, frutti non maturi

INTERVALLO OTTIMALE

elemento	%	elemento	ppm
N	2,80-4,20	Fe	84-112
P	0,31-0,46	Mn	55-165
K	3,52-5,08	B	45-76
Ca	1,60-3,21	Cu	6
Mg	0,36-0,49	Zn	39
S	1,28	Mo	2,90-5,80

TABELLE INTERPRETATIVE DELLE ANALISI FOGLIARI – SPECIE ORTICOLE

Nasturtium officinale – crescione

Dati campione standard di riferimento:

provenienza: produzione in campo

tipo campione: 25 foglie mature di recente crescita

epoca campionamento: metà sviluppo vegetativo

INTERVALLO DI SUFFICIENZA

elemento	%	elemento	ppm
N	4,20-6,60	Fe	50-100
P	0,70-1,30	Mn	50-150
K	4,00-8,00	B	25-50
Ca	1,00-2,00	Cu	6-15
Mg	1,00-2,00	Zn	20-40
S		Mo	

Phaseolus vulgaris - fagiolo

Dati campione standard di riferimento:

provenienza: produzione sperimentale

tipo campione: 10 foglie apicali sviluppate

epoca campionamento: estate

INTERVALLO DI SUFFICIENZA

elemento	%	Elemento	ppm
N	3,00-6,00	Fe	50-400
P	0,25-0,75	Mn	30-300
K	1,80-4,00	B	20-75
Ca	0,80-3,00	Cu	5-30
Mg	0,25-1,00	Zn	20-200
S	0,23	Mo	0,12
Na	131 ppm	Al	624 ppm

TABELLE INTERPRETATIVE DELLE ANALISI FOGLIARI – SPECIE ORTICOLE

Pisum sativum – pisello

Dati campione standard di riferimento:

provenienza: produzione in campo

tipo campione: 50 foglie sviluppate fra le più recenti

epoca campionamento: inizio fioritura

INTERVALLO DI SUFFICIENZA

elemento	%	elemento	ppm
N	4,00-5,00	Fe	50-300
P	0,30-0,80	Mn	25-400
K	2,00-3,50	B	5-60
Ca	1,20-2,00	Cu	7-100
Mg	0,30-0,70	Zn	25-400
S		Mo	> 0,60

Pisum sativum macrocarpon – pisello mangiatutto

0

Dati campione standard di riferimento:

provenienza: produzione sperimentale

tipo campione: 50 foglie sviluppate

epoca campionamento: estate

VALORE MEDIO DI NORMALITA'

elemento	%	Elemento	ppm
N	4,75	Fe	26
P	0,26	Mn	43
K	4,40	B	10
Ca	1,78	Cu	13
Mg	0,27	Zn	28
S	0,32	Mo	0,12
Na	427 ppm	Al	547 ppm

TABELLE INTERPRETATIVE DELLE ANALISI FOGLIARI – SPECIE ORTICOLE

Raphanus raphanistrum – ravanello

Dati campione standard di riferimento:

provenienza: produzione sperimentale

tipo campione: 40 foglie completamente sviluppate

epoca campionamento: estate

VALORE MEDIO DI NORMALITA'

elemento	%	elemento	ppm
N	5,47	Fe	142
P	0,80	Mn	69
K	6,10	B	28
Ca	3,12	Cu	4
Mg	0,49	Zn	53
S	0,56	Mo	2
Na	519 ppm	Al	270 ppm

Rheum rhabarbarum – rabarbaro

Dati campione standard di riferimento:

provenienza: produzione sperimentale

tipo campione: 20 foglie sviluppate

epoca campionamento: estate

VALORE MEDIO DI NORMALITA'

elemento	%	elemento	ppm
N	4,60	Fe	261
P	0,45	Mn	67
K	5,78	B	33
Ca	1,68	Cu	6
Mg	0,71	Zn	52
S	0,31	Mo	0,12
Na	144 ppm	Al	691 ppm

TABELLE INTERPRETATIVE DELLE ANALISI FOGLIARI – SPECIE ORTICOLE

Solanum melongena – melanzana

Dati campione standard di riferimento:

provenienza: produzione in campo e in serra

tipo campione: 12 foglie sviluppate fra le più recenti

epoca campionamento: inizio fioritura

INTERVALLO DI SUFFICIENZA

elemento	%	elemento	ppm
N	4,00-5,00	Fe	50-300
P	0,30-0,60	Mn	40-250
K	3,50-5,00	B	25-75
Ca	1,00-2,50	Cu	5-10
Mg	0,30-1,00	Zn	20-250
S		Mo	

Solanum tuberosum – patata

Dati campione standard di riferimento:

provenienza: produzione in campo

tipo campione: 25 foglie mature di recente sviluppo

epoca campionamento: piante di 30 cm di altezza

INTERVALLO DI SUFFICIENZA

elemento	%	elemento	ppm
N	4,00-6,00	Fe	50-150
P	0,20-0,50	Mn	30-450
K	4,00-11,50	B	25-50
Ca	0,60-1,00	Cu	7-20
Mg	0,50-1,50	Zn	20-250
S	0,19-0,36	Mo	

TABELLE INTERPRETATIVE DELLE ANALISI FOGLIARI – SPECIE ORTICOLE

Solanum tuberosum – patata

Dati campione standard di riferimento:

provenienza: produzione in campo

tipo campione: 25 foglie mature di recente sviluppo

epoca campionamento: tuberi a metà sviluppo

INTERVALLO DI SUFFICIENZA

elemento	%	elemento	ppm
N	3,00-4,00	Fe	40-100
P	0,25-0,40	Mn	30-250
K	6,00-8,00	B	40-70
Ca	1,50-2,50	Cu	7-20
Mg	0,70-1,00	Zn	30-200
S		Mo	

Spinacia oleracea – spinacio

Dati campione standard di riferimento:

provenienza: produzione in campo

tipo campione: 15 foglie mature di recente sviluppo

epoca campionamento: 30-50 giorni di coltivazione

INTERVALLO DI SUFFICIENZA

elemento	%	elemento	ppm
N	4,00-6,00	Fe	60-200
P	0,30-0,60	Mn	30-250
K	5,00-8,00	B	25-60
Ca	0,70-1,20	Cu	5-25
Mg	0,60-1,00	Zn	25-100
S		Mo	

TABELLE INTERPRETATIVE DELLE ANALISI FOGLIARI – SPECIE ORTICOLE

Spinacia oleracea – spinacio

Dati campione standard di riferimento:

provenienza: produzione in campo

tipo campione: 15 foglie mature di recente sviluppo

epoca campionamento: piante mature

INTERVALLO DI SUFFICIENZA

elemento	%	elemento	ppm
N	3,50-5,50	Fe	60-245
P	0,25-0,58	Mn	30-250
K	4,00-5,50	B	25-63
Ca	0,60-1,50	Cu	5-25
Mg	0,70-1,80	Zn	25-100
S		Mo	> 0,50

Spinacia oleracea – spinacio

Dati campione standard di riferimento:

provenienza: produzione in serra

tipo campione: 15 foglie mature di recente sviluppo

epoca campionamento: piante mature

VALORE MEDIO DI NORMALITA'

elemento	%	elemento	ppm
N	5,60	Fe	
P	0,93	Mn	
K	9,77	B	
Ca	0,80	Cu	
Mg	0,97	Zn	
S	0,32	Mo	

TABELLE INTERPRETATIVE DELLE ANALISI FOGLIARI – SPECIE ORTICOLE

Vigna unguiculata – fagiolino

Dati campione standard di riferimento:

provenienza: produzione in campo

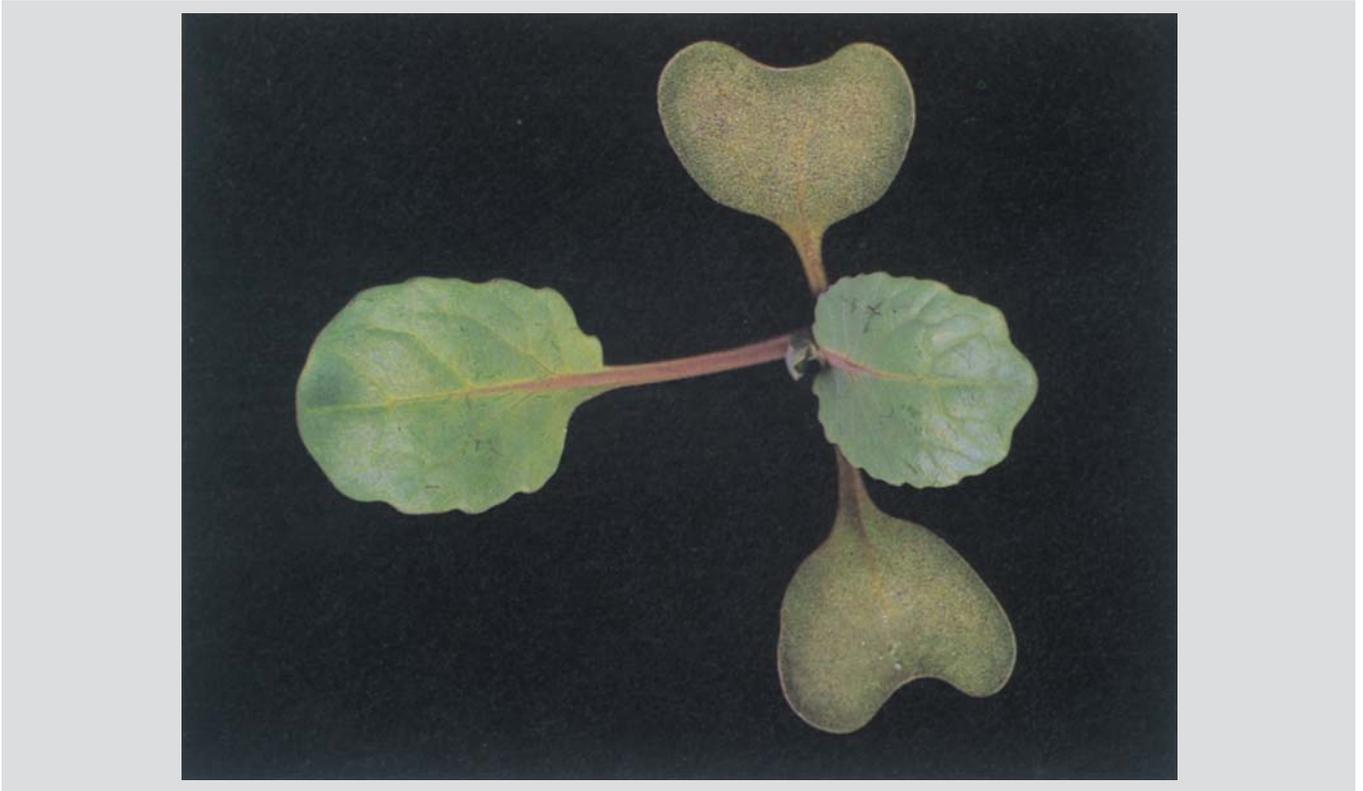
tipo campione: 12 foglie mature di recente sviluppo

epoca campionamento: inizio fioritura

INTERVALLO DI SUFFICIENZA

elemento	%	elemento	ppm
N	4,00-5,00	Fe	50-100
P	0,30-0,60	Mn	50-300
K	2,20-3,00	B	25-80
Ca	2,00-3,00	Cu	6-25
Mg	0,30-0,50	Zn	20-100
S		Mo	

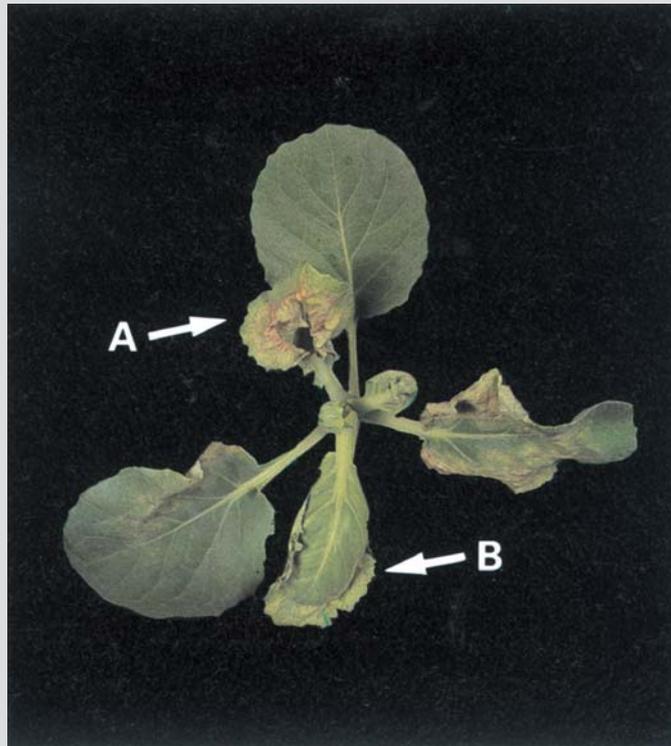
FOTOGRAFIE RELATIVE AD ALCUNE CARENZE FOGLIARI



Cavolo: carenza di azoto in semenzale



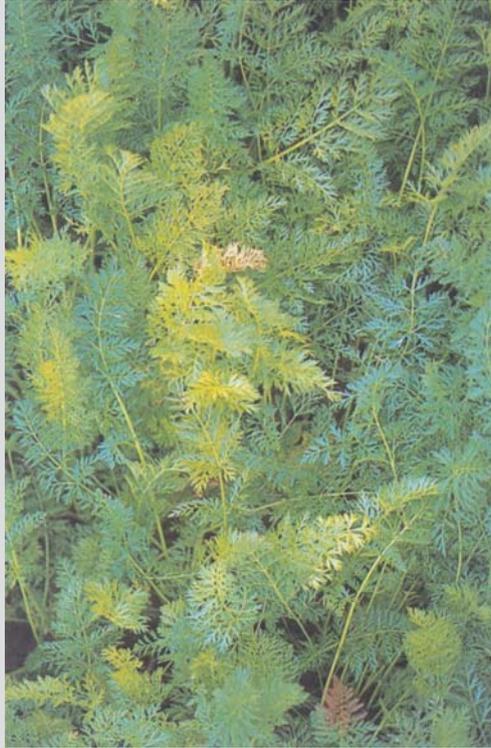
Cavolo: necrosi marginali da carenza di potassio



Cavolo: collasso da carenza di calcio (A: alla base fogliare; B: al margine)



Cavolo: carenza di calcio a sinistra, pianta sana a destra



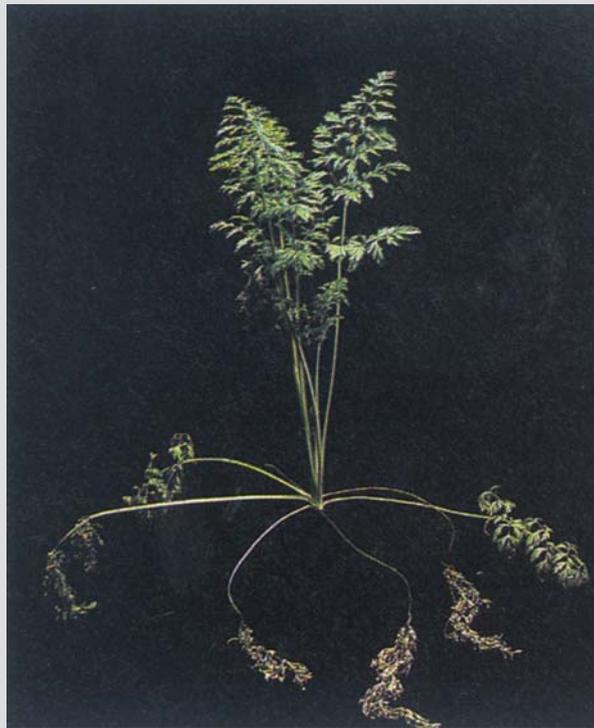
Carota: carenza di azoto



Carota: carenza di fosforo



Carota: carenza di zolfo su foglie giovani



Carota: collasso delle foglie più vecchie da carenza di potassio



Carota: necrosi dell'apice vegetativo da carenza di calcio



Carota: da sinistra a destra progressiva manifestazione di carenza di magnesio



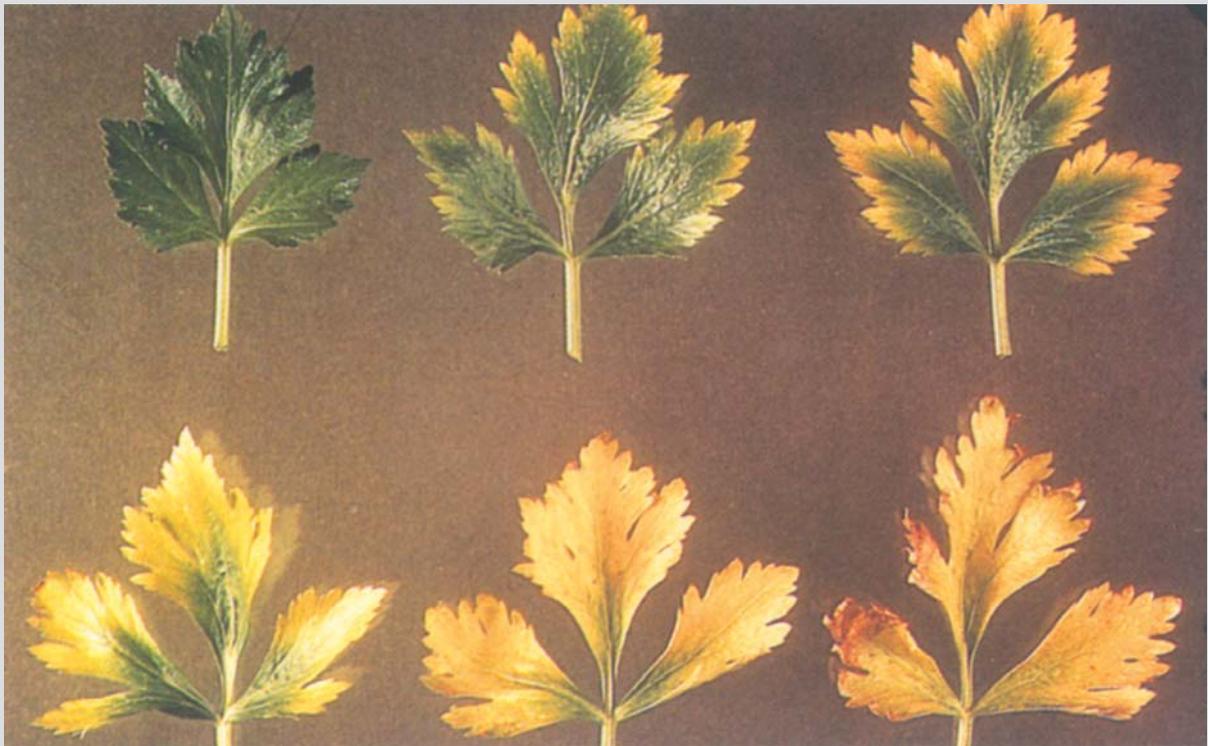
Prezzemolo: carenza di azoto



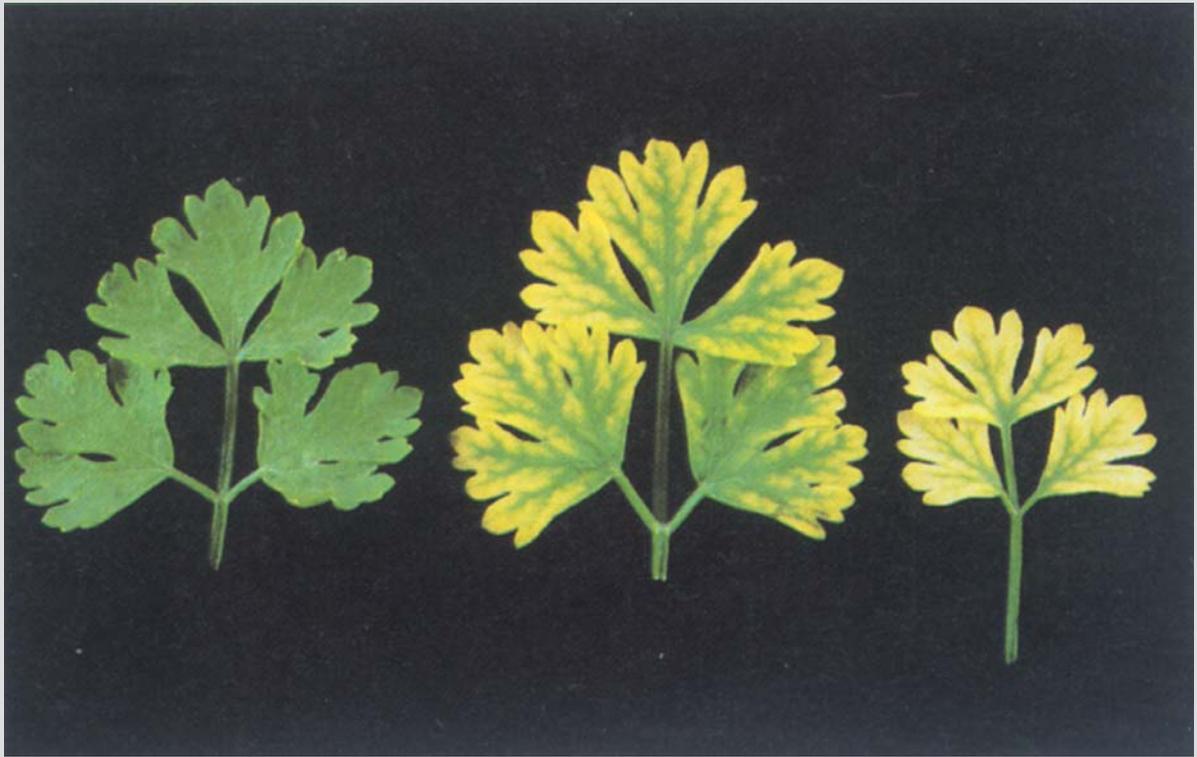
Prezzemolo: carenza di fosforo su foglie vecchie



Prezzemolo: necrosi da carenza di potassio



Prezzemolo: clorosi da carenza di magnesio



Prezzemolo: carenza di manganese



Prezzemolo: carenza di boro su foglie giovani



Lattuga: carenza di calcio



Lattuga: carenza di magnesio



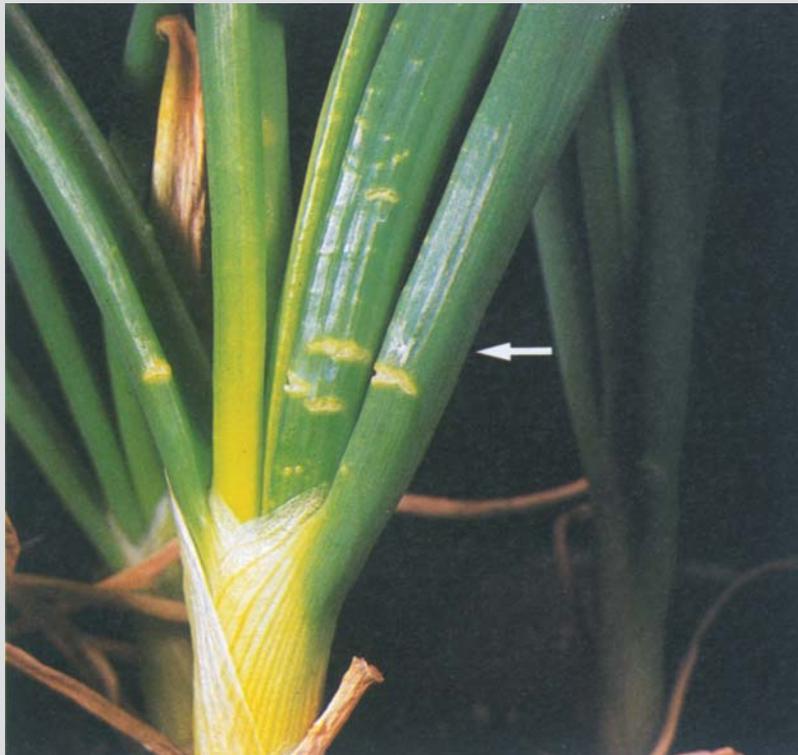
Lattuga: disseccamento apice vegetativo da carenza di boro



Lattuga: macchie traslucide da carenza di molibdeno



Lattuga: tossicità da manganese



Cipolla: carenza di boro



Pisello: carenza di magnesio



Pisello: carenza di ferro su foglie giovani



Pisello: a destra carenza di boro



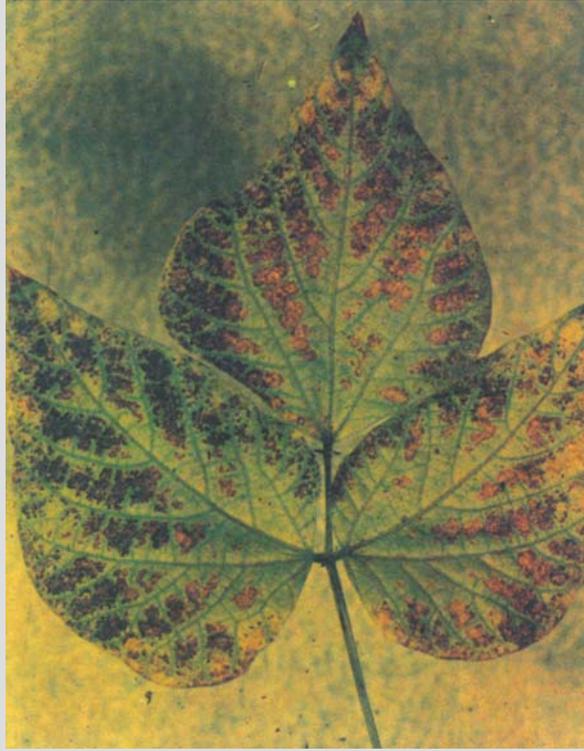
Fagiolo: carenza di azoto



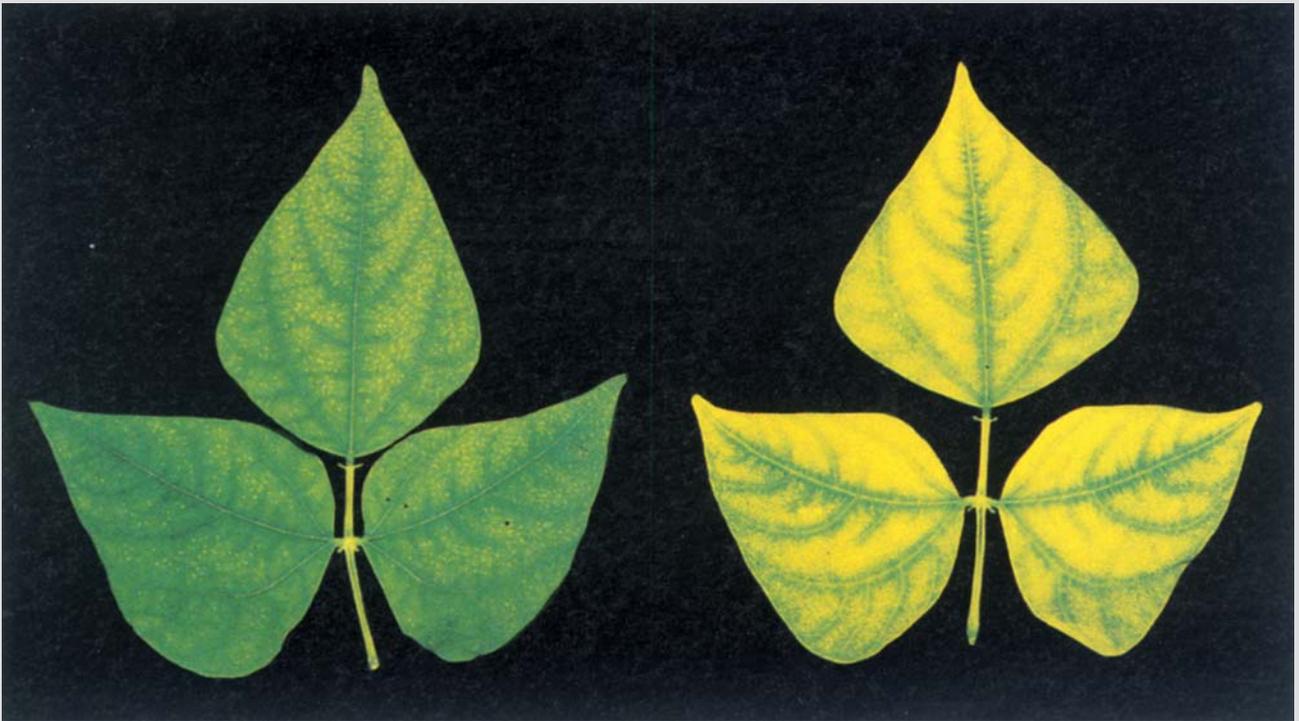
Fagiolo: a sinistra foglia sana, al centro carenza di azoto, a destra carenza di fosforo



Fagiolo: carenza di potassio



Fagiolo: carenza di magnesio



Fagiolo: carenza di manganese (foglia giovane a sinistra, intermedia a destra)



Fagiolo: carenza di boro



Fagiolo: tossicità da manganese evidente sul picciolo fogliare



Cetriolo: carenza di fosforo



Cetriolo: carenza di fosforo



Cetriolo: carenza di potassio



Cetriolo: carenza di magnesio



Cetriolo: carenza di magnesio



Cetriolo: carenza di ferro



Cetriolo: carenza di boro



Peperone: carenza di potassio



Peperone: danno da carenza di calcio



Peperone: carenza di ferro



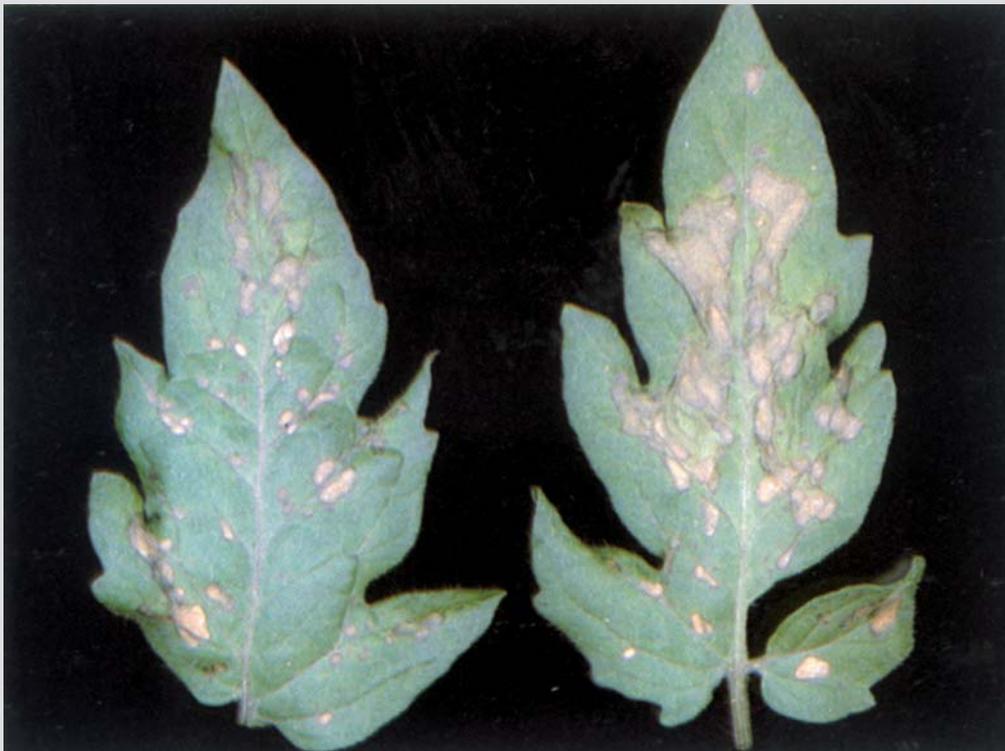
Pomodoro: carenza di azoto (a destra)



Pomodoro: carenza di fosforo



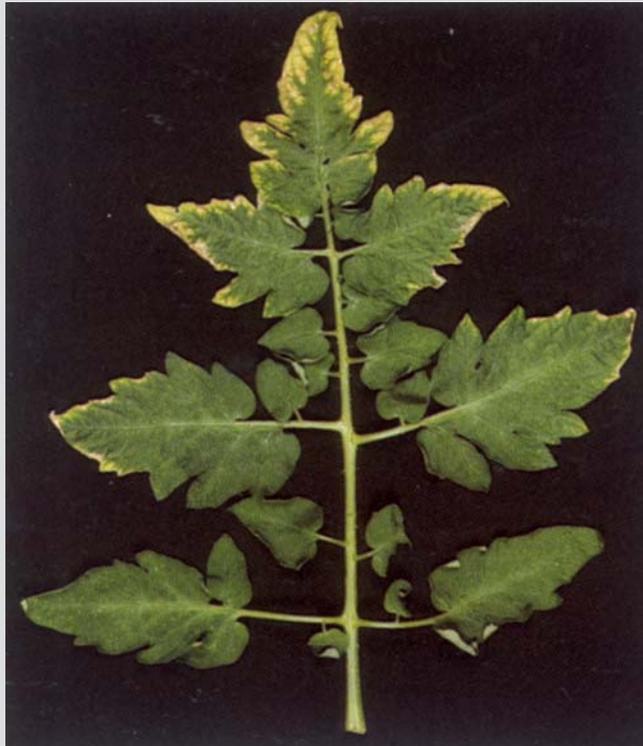
Pomodoro: carenza di fosforo



Pomodoro: carenza di fosforo



Pomodoro: carenza di zolfo



Pomodoro: carenza di potassio



Pomodoro: carenza di potassio



Pomodoro: carenza di calcio



Pomodoro: carenza di magnesio



Pomodoro: carenza di magnesio



Pomodoro: carenza di ferro



Pomodoro: carenza di ferro



Pomodoro: carenza di manganese



Pomodoro: carenza di zinco



Pomodoro: carenza di boro



Pomodoro: danno su frutto da carenza di boro



Pomodoro: tossicità da eccesso di boro

Finito di stampare nel mese di novembre 2009
da New Press s.a.s.
via Carso 18/20, 22100 Como
tel. 031 301268/69, fax 031 301267
newpress@tin.it, info@newpressedizioni.com, www.newpressedizioni.com