

La disponibilità di micronutrienti nel suolo, sebbene siano richiesti in piccola quantità, può fortemente condizionare la resa produttiva delle colture

di Roberto Pinton



Microcarenze, come riconoscerle

*Sintomi, fattori scatenanti,
chiavi indicative e soluzioni*



Le piante sono organismi foto-litotrofi, capaci cioè di convertire l'energia radiante in energia chimica, e di assimilare sostanze nutritive inorganiche.

Acqua e anidride carbonica rappresentano materie prime del processo fotosintetico; gli ioni inorganici vengono prelevati dal terreno per soddisfare ogni altra esigenza nutrizionale.

La disponibilità di questi elementi nel sistema suolo-pianta, unita alle caratteristiche genetiche, determina

il tasso di crescita, lo sviluppo e la capacità dei vegetali di riprodursi.

Nel contesto agricolo, obiettivo finale è il raggiungimento di determinati livelli produttivi, sia quantitativo che qualitativo. Questi livelli tuttavia non sempre sono compatibili con la disponibilità degli elementi nutritivi naturalmente presenti nel suolo, per cui si rende necessario il ricorso alla concimazione per consentire l'espressione della massima potenzialità produttiva delle piante coltivate.



Foto 1 - Comportamento di piante di mais (a sinistra) e sorgo (a destra) coltivate su terreno calcareo clorosante. Sono evidenti in sorgo i sintomi di ferrocarenza

D'altro canto, valutazioni di tipo economico, che coinvolgono aspetti energetici, e legate alla qualità dell'ambiente, hanno portato recentemente a riconsiderare la pratica della fertilizzazione in un'ottica che integri gli obiettivi produttivi con il mantenimento per lungo tempo delle risorse disponibili, senza che si creino da una parte impoverimenti della potenzialità nutritiva dei suoli e dall'altra situazioni di inutile sovralimentazione.

La possibilità di disporre di test analitici della composizione dei vegetali e dei suoli affidabili e la definizione delle relazioni tra disponibilità dei nutrienti e performance produttive in determinate aree geografiche costituiscono la base per la predisposizione di efficaci piani di concimazione.

Contestuale a questi processi deve avvenire lo sviluppo di tecnologie in grado di garantire la produzione di concimi adatti agli scopi sopra delineati.

Mentre questi aspetti sono stati ampiamente considerati e adeguatamente affrontati per gli elementi principali della nutrizione delle piante, quali ad esempio azoto e fosforo, altri elementi hanno ricevuto minore attenzione (ad esempio lo zolfo), oppure, come nel caso dei micronutrienti, a fronte di sviluppi tecnologici notevoli (vedi ad esempio la produzione di chelati), l'approccio per la somministrazione è rimasto per lo più empirico e non sempre è stato considerato in un sistema integrato di interventi di concimazione.

Nel presente articolo saranno analizzati criticamente alcuni aspetti legati alla disponibilità dei micronutrienti, con particolare riguardo alle condizioni che possono determinare l'insorgenza delle carenze, ai test diagnostici e agli interventi colturali, con l'obiettivo di stimolare il lettore a un'attenta considerazione delle problematiche inerenti ai micronutrienti e fornire qualche suggerimento operativo.

Macro e micronutrienti: essenziali e non

In funzione delle quantità utilizzate dalle piante e in esse presenti si distinguono:

- i macroelementi, presenti in quantità più elevate nella

sostanza secca dei vegetali, quali: carbonio (C), idrogeno (H) e ossigeno (O) provenienti dall'acqua e dall'anidride carbonica, azoto (N), potassio (K), calcio (Ca), magnesio (Mg), fosforo (P), zolfo (S), prelevati dal suolo come ioni (zolfo, calcio e magnesio sono spesso definiti elementi secondari);

- i microelementi, meno rappresentati, quali: ferro (Fe), manganese (Mn), zinco (Zn), rame (Cu), boro (B), molibdeno (Mo), cloro (Cl) e nichel (Ni).

Altri elementi possono essere presenti in quantità variabile in specie o ambienti particolari, quali sodio (Na), silicio (Si), alluminio (Al), selenio (Se) e cobalto (Co).

Fra questi ultimi elementi quelli ritenuti benefici (ad esempio cobalto) sono generalmente richiesti in dosi molto limitate rispetto a quanto normalmente disponibile nei terreni, e pertanto non vengono considerati tra quelli che è necessario fornire alle colture con le concimazioni; altri sono richiesti o accumulati in quantità apprezzabili solo da particolari piante (ad esempio il silicio in *Equisetum*).

Questo tradizionale criterio di suddivisione è ancora oggi seguito, nonostante soddisfi solo in parte: infatti ciascun gruppo riunisce sotto la stessa denominazione elementi presenti nei tessuti vegetali in quantità molto diverse.

Ad esempio, fra i microelementi, quello meno rappresentato è il molibdeno: per ogni atomo di questo elemento se ne trovano mediamente 100 di rame, 300 di zinco, 1.000 di manganese e 2.000 di ferro.

È poi da notare che la mancanza del microelemento meno rappresentato (molibdeno) può impedire l'assimilazione del macroelemento più rappresentato (azoto).

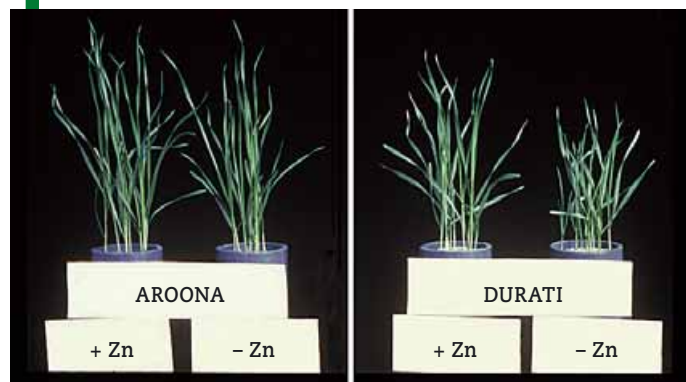
La composizione dei tessuti vegetali è molto variabile da specie a specie, risente di fattori genetici e ambientali e dipende dalla fase fenologica della pianta.

Più significativa è la definizione di elemento nutritivo essenziale, come quello che entra a far parte di fondamentali strutture cellulari o che ne è richiesto per il funzionamento, il cui ruolo è specifico non essendovi elementi capaci di sostituirlo e la cui assenza impedisce il completamento del ciclo vitale.

Tutti i macro e microelementi sopra citati (17) sono considerati essenziali.

Va d'altra parte ricordato che la pianta comunque contiene sia elementi essenziali che non essenziali; quest'aspetto non è di secondaria importanza se si considera che i vegetali possono accumulare elementi tossici, con ripercussioni sul-

Foto 2 - Effetto della somministrazione di zinco al suolo in due varietà di grano duro diversamente sensibili alla carenza del micronutriente (Aroona: tollerante; Durati: sensibile)



la qualità degli alimenti, ma che fanno anche intravedere la possibilità di sviluppare programmi di (fito)depurazione di aree contaminate.

Più resa e qualità alle produzioni grazie alla micronutrizione

Sebbene siano richiesti in piccola quantità, la disponibilità di micronutrienti nel suolo può fortemente condizionare la resa produttiva delle colture: la carenza di uno o più di questi elementi può infatti determinare importanti perdite quantitative e qualitative della produzione.

L'importanza di un adeguato rifornimento micronutrizionale è confermata dal fatto che le comuni pratiche agricole tendono generalmente a rimuovere più micronutrienti di quelli apportati, come conseguenza dello sfruttamento produttivo a lungo termine dei suoli, dell'uso di fertilizzanti di elevato grado analitico (purezza), di una maggiore richiesta nutrizionale accompagnata a una maggiore produzione, dell'abbandono del ricorso ad ammendanti organici.

Ciò è ulteriormente complicato dal fatto che i micronutrienti non sono routinariamente inseriti nei piani di concimazione e che spesso alla concimazione con tali elementi si ricorre solo per colture di elevato pregio o in presenza di sintomi visibili di alterazione nutrizionale.

Oggigiorno la consapevolezza delle possibilità di aumentare la resa dal punto di vista quantitativo e qualitativo delle colture anche attraverso una equilibrata somministrazione di micronutrienti, il

sempre più diffuso ricorso a strumenti diagnostici per l'individuazione di situazioni carenziali, e l'aver realizzato che una adeguata nutrizione con microelementi può favorire la resistenza ad avversità di tipo biotico e abiotico e incrementare il valore nutritivo degli alimenti di origine vegetale, portano a considerare attentamente gli aspetti connessi all'acquisizione e utilizzo dei micronutrienti da parte delle colture.

L'acquisizione e l'accumulo di micronutrienti nei vegetali non riguarda solo lo sviluppo della pianta e la sua capacità di resistere alle avversità, ma ha anche forti

TABELLA 2 - Esempi della composizione elementare di tessuti vegetali in condizioni di normale vegetazione (in ppm)

	Fe	Mn	Zn	Cu	B	Mo
Melo	50-400	25-200	20-50	5-20	30-60	0,5-1,5
Pero	60-250	30-150	20-70	5-20	20-70	0,5-1,5
Pesco	60-400	20-200	15-50	5-20	20-100	
Fruento	25-100	25-100	20-70	5-25	3-20	
Mais	50-250	20-300	20-60	5-20	5-25	0,1-10,0
Pomodoro	50-250	50-250	30-200	5-25	30-70	
Soia	50-300	15-200	20-70	5-30	20-60	0,1-5,0

ripercussioni per la salute umana, dato che i cibi di origine vegetale rappresentano per molti Paesi, e non solo quelli in via di sviluppo, la principale fonte di microelementi essenziali per gli animali e l'uomo.

Traguardo futuro non sarà quindi solo l'ottimizzazione delle produzioni, raggiungibile attraverso una corretta gestione della concimazione, ma anche l'aumento delle proprietà nutrizionali di tali cibi (fortificazione).

A livello mondiale l'incidenza delle carenze micronutrizionali è elevata; per quanto riguarda il territorio italiano in termini generali è da considerarsi probabile, principalmente per la presenza di terreni alcalini/calcarei, il verificarsi di limitata disponibilità di ferro, manganese e zinco.

Tali condizioni (pH del suolo elevato e/o presenza di elevate concentrazioni di bicarbonato) non costituiscono invece generalmente limitazione per il molibdeno. Per il rame e il boro, la presenza di adeguate concentrazioni di sostanza organica dovrebbe garantire livelli di disponibilità non limitanti; tuttavia, soprattutto per il boro non sono infrequenti i casi di carenza, riscontrabili a valori di pH del suolo elevati (> 8).

Cause principali delle microcarenze

Suscettibilità delle colture

La sensibilità alla carenza micronutrizionale è fortemente variabile tra specie e specie (*tabella 1, foto 1*) e perfino all'interno della stessa specie (*foto 2*).

In linea generale la *tabella 1* suggerisce che in quegli ambienti in cui la disponibilità di uno o più micronutrienti è limitata le colture con sensibilità elevata tenderanno a manifestare carenza più facilmente; queste colture saranno d'altro canto quelle che risponderanno alla concimazione in maniera più marcata.

Un'indicazione delle esigenze delle colture può essere rappresentata dalla composizione elementare dei tessuti.

TABELLA 3 - Concentrazioni medie di micronutrienti (in ppm) in tessuti di foglie mature generalizzate per varie specie vegetali

Micro-nutriente	Carente	Sufficiente (normale)	Eccessivo o tossico
B	5-30	10-200	50-200
Cl	< 100	100-500	500-1.000
Cu	2-5	5-30	20-100
Fe	< 50	100-500	> 500
Mn	15-25	20-300	300-500
Mo	0,03-0,15	0,1-2,0	> 100
Zn	10-20	27-150	100-400

I valori sono la base per definire i limiti critici di ciascun micronutriente associabile a una possibile situazione di carenza o di tossicità.

TABELLA 1 - Sensibilità delle colture alle carenze micronutrizionali

	Fe	Mn	Zn	Cu	B	Mo
Citrus	E	E	E	E	B	M
Melo	B	E	E	M	E	B
Vite	E	E	B	M	E/M	B
Avena	M	E	B	E	B	M/B
Fruento	M/B	E	B	E	B	M/B
Mais	M	M/B	E	M	M/B	B
Orzo	M	M	M	E/M	B	B
Riso	E/M	M	E/M	B	M/B	B
Segale	B	B	B	B	B	B
Sorgo	E/M	E/M	E	M	B	B
Barbabietola	E/B	E/M	M	M	E	M
Colza		M	M	B	E	
Erba medica	M	M	B	E	E	M
Fagiolo	E/M	E	E	B	B	M
Girasole			M	E	E	
Patata		E/M	M	B	B	B
Pisello	M	E	B	M/B	B	M
Pomodoro	E	M	M	M	E/M	M
Soia	E/M	E	M	B	B	E/M
Spinacio	E	E	M	E	M	E

E = elevata, M = media, B = bassa.

In quegli ambienti in cui la disponibilità di uno o più micronutrienti è limitata, le colture con sensibilità elevata tenderanno a manifestare carenze più facilmente; queste colture saranno d'altro canto quelle che risponderanno meglio alla concimazione.

La *tabella 2* riporta alcuni esempi di intervalli di concentrazione fogliare in micronutrienti di piante coltivate, in condizioni di normale vegetazione. Come sarà successivamente approfondito, tali valori possono costituire la base per la definizione di limiti critici di ciascun micronutriente associabile con una possibile situazione di carenza o di tossicità e per l'individuazione di intervalli in cui la crescita e la produttività non risultino limitate (*tabella 3*).

È comunque da ricordare che per taluni micronutrienti, quali il boro, l'intervallo tra limite di carenza e tossicità è molto stretto, cosa che rende più difficoltoso il ricorso alla concimazione.

L'esigenza delle piante per questo elemento è molto diversa in funzione della specie, come indicato dal contenuto nei tessuti fogliari di alcune piante coltivate (*tabella 4*), ed è generalmente più elevata per le dicotiledoni che per le graminacee; ne risulta che livelli che per alcune piante sono adeguati risultano tossici per altre.

Ciò rende difficile la definizione di limiti di sufficienza e/o tossicità e può compromettere l'efficacia di trattamenti preventivi o curativi.

Fattori pedoclimatici

A fronte delle quantità richieste dalle piante sta la dotazione del terreno, dove ciascun elemento è presente in forme diverse, fra loro connesse da trasformazioni di natura chimico-fisica e/o biologica; ciascuna forma è presente in quantità variabile in funzione dell'incidenza dei diversi fattori che regolano la velocità delle trasformazioni.

Delle differenti forme presenti solo alcune possono essere utilizzate dalle piante e nel loro insieme compongono la quota assimilabile (o disponibile).

Sono le forme solubili e quelle scambiabili e insieme a queste, per alcuni elementi, altre forme legate che le radici riescono a prelevare per le azioni (di acidificazione, chelazione, riduzione, ecc.) che esercitano nei confronti del terreno.

Per quanto riguarda i microelementi, le disponibilità relative sono controllate dagli equilibri che esistono tra la soluzione del suolo, la sostanza organica, i siti di scambio (cationico) e i composti insolubili che si formano (*figura 1*).

La sostanza organica influenza la disponibilità dei microelementi poiché agisce come riserva, da cui possono essere liberati gli elementi nutritivi a seguito della mineralizzazione operata dai microrganismi.



FIGURA 1 - Equilibri delle forme di micronutrienti nel suolo

È evidente il contributo che i fertilizzanti possono apportare alla dinamica dei micronutrienti nel suolo.

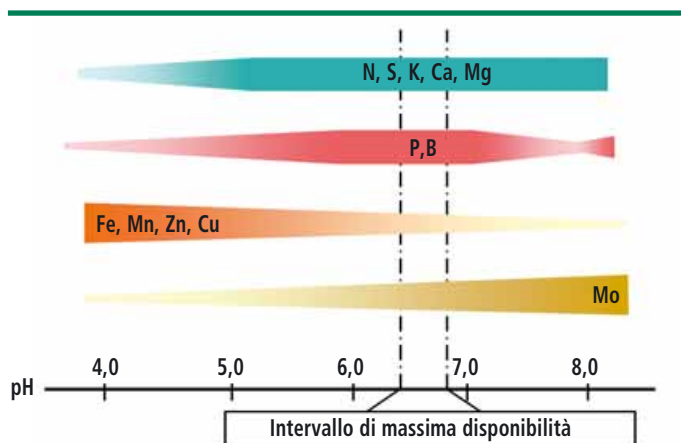


FIGURA 2 - Schema della relazione tra pH del suolo e disponibilità di macro e microelementi

Inoltre, creando legami di natura ionica, di coordinazione e chelazione, la sostanza organica è in grado di mantenere diversi micronutrienti in forma non lisciviabile o in modo da impedirne la precipitazione per formazione di composti insolubili. Alcuni microelementi, quali il rame, formano con la sostanza organica legami così forti da divenire meno disponibili per le piante (ad esempio in terreni particolarmente ricchi in sostanza organica).

Il pH del suolo influenza la disponibilità dei micronutrienti soprattutto agendo sulla solubilità delle loro forme inorganiche (*figura 2*).

In generale per tutti i micronutrienti cationici (rame, zinco, manganese, nichel, ferro) la solubilità (e quindi la disponibilità) è più elevata in condizioni di bassi valori di pH (maggiore acidità). Il contrario avviene per il molibdeno, la cui forma in soluzione è anionica: per questo elemento si può dire che il rischio di carenza è elevato a pH neutro o alcalino, mentre le sue concentrazioni in soluzione possono raggiungere livelli di potenziale tossicità a pH molto acido (< 5).

Un'altra proprietà del suolo che influenza la disponibilità dei micronutrienti è il potenziale redox (ossidazione/riduzione).

La presenza di un eccessivo ristagno idrico, che crea condizioni asfittiche può, ad esempio, provocare eccessiva solubilità di micronutrienti quali il ferro e il manganese. Al contrario condizioni di terreno secco possono condizionare la solubilità di elementi che non sono soggetti a reazioni di ossido-riduzione quali il boro e lo zinco, favorendo l'instaurarsi di situazioni di carenza.

Anche le condizioni climatiche possono influenzare la disponibilità dei micronutrienti, soprattutto in relazione all'assorbimento radicale: temperature limitate nei periodi di maggiore richiesta delle colture possono limitare l'attività delle radici.

Numerosi studi hanno dimostrato che più che la quantità assoluta di alcuni elementi è la quantità relativa dei vari nutrienti essenziali a essere determinante per la crescita delle piante.

Così, ad esempio, è stato osservato che l'assorbimento del rame è influenzato dai livelli di ferro e manganese nel suolo.

A sua volta il rame può influenzare l'acquisizione di zinco e ferro; carenze di un micronutriente portano spesso ad accumulo (in alcuni casi fino a livelli tossici) di altri micronutrienti.

È inoltre ben noto che eccessive concimazioni a base di fosforo possono essere sfavorevoli all'assorbimento di zinco e

ferro; l'acquisizione di quest'ultimo è anche rallentato dalla presenza di nitrato.

Meno frequente, ma in via di diffusione, è l'osservazione che situazioni di carenza di zolfo possono limitare la capacità delle piante di rispondere a condizioni di scarsa disponibilità di ferro, riducendone l'assorbimento.

Come diagnosticare le microcarenze...

Analisi fogliare

La diagnosi fogliare, cioè l'analisi chimica delle foglie o altri organi e tessuti (piccioli, viticci, fiori, ecc.) per la stima delle disponibilità e del fabbisogno di nutrienti si fonda sull'assunto che la concentrazione degli elementi minerali in un tessuto vegetale rispecchi le dotazioni nutrizionali del terreno e lo stato nutrizionale delle piante, consentendo di definire un «livello critico» ovvero, in alternativa, un «intervallo di concentrazione ottimale» per ciascun nutriente.

La validità dell'assunto è limitata dalle numerose cause di variazione della composizione chimica della sostanza secca delle piante: non solo le disponibilità nutrizionali, ma anche le condizioni pedoclimatiche, il tipo e l'età del tessuto e, su base genetica, la specie e la varietà.

Inoltre le risposte produttive delle colture e le concentrazioni di elementi nutritivi nei tessuti non sono legate da relazioni lineari e, se si considerano contemporaneamente più nutrienti, tendono ad assumere maggiore importanza le interazioni tra elementi, con effetti di sinergismo e di antagonismo.

È anche da sottolineare che il dosaggio della concentrazione totale di un elemento nella sostanza secca di un tessuto non sempre permette un giudizio corretto sullo stato nutrizionale della pianta.

Non è infrequente, per esempio nella clorosi ferrica che si verifica su terreni calcarei «clorosanti», che sintomi accentuati di carenza di ferro si accompagnano a concentrazioni uguali o superiori a quelle dei tessuti di piante con vegetazione normale («paradosso della clorosi»).

Ciò si può comprendere considerando che lo sviluppo complessivo della pianta carente è, in genere, limitato e che pertanto le pur minori quantità assorbite si concentrano in una massa di sostanza secca prodotta molto minore mentre, in una condizione metabolica alterata, cambia la ripartizione dell'elemento tra le diverse sue forme presenti nel tessuto.

Questa è la ragione per cui sono meglio correlate con l'intensità dei sintomi di carenza le frazioni dosabili dopo estrazione con specifiche soluzioni estraenti (ad esempio nel caso della clorosi ferrica il ferro estraibile con soluzioni acide diluite dal tessuto fogliare essiccato).

In conclusione, la diagnostica fogliare può essere utile complemento di altre osservazioni per un giudizio circa lo stato nutrizionale di una coltura purché siano stati collezionati, per aree omogenee dal punto di vista pedoclimatico e per specie vegetali definite, rappresentativi valori di riferimento sulla base dei quali valutare la «normalità» della composizione elementare dei tessuti analizzati. A titolo indicativo vengo-

TABELLA 4 - Concentrazione di boro nelle foglie di specie diverse

Specie	Concentrazione (ppm)
Frumento	6,0
Mais	8,7
Tabacco	29,4
Erba medica	37,0
Barbabietola	102,3

L'esigenza per le piante di boro è molto diversa in funzione della specie ed è generalmente più elevata per le dicotiledoni che per le graminacee.

no riportati in *tabella 5* i valori di riferimento (carente, sufficiente e tossico) per alcune fra le più diffuse specie coltivate in diversi tipi di terreno. Dall'esame della tabella risulta evidente come parti diverse della pianta possano essere utilizzati per la misura delle concentrazioni di micronutrienti, indicando come per una generalizzazione dei risultati delle analisi fogliari sia indispensabile potersi riferire a dati ottenuti sullo stesso tipo di tessuto e possibilmente riferiti allo stesso stadio fenologico. È inoltre da ricordare che differenze notevoli nella concentrazione

di elementi poco mobili, quali il boro, si possono riscontrare all'interno dello stesso tessuto (ad esempio la foglia).

Analisi del terreno

Le analisi del terreno hanno lo scopo di predire la capacità del suolo di rifornire adeguatamente le piante con gli elementi essenziali durante la stagione vegetativa.

Idealmente, l'analisi non dovrebbe solo identificare una situazione di carenza, ma anche il grado della carenza in termini dell'effetto sulla produzione.

La quantità dell'elemento da apportare con la fertilizzazio-

TABELLA 5 - Intervalli di concentrazione di micronutrienti in specie coltivate

Elemento	Specie, tessuto	Carente	Adeguato	Eccessivo
Fe	soia, germoglio	28-38	44-60	-
	pisello, foglia	14-76	100	> 500
	mais, foglia	24-56	56-178	
	pomodoro, foglia	93-115	107-250	
Mn	soia, foglia	2-5	14-102	> 300
	patata, foglia	7	40	
	pomodoro, foglia	5-6	70-400	
	frumento, germoglio	4-10	75	> 750
Zn	barbabietola, foglia	5-30	7-1.700	> 1.200
	patata, foglia	< 30	30-87	
	pomodoro, foglia	9-15	65-200	> 500
	mais, foglia	9-15	>15	
Cu	avena	< 20	>20	
	frumento, germoglio	< 14	>20	> 120
	cetriolo, foglia	< 2	7-10	> 10
	patata, germoglio	< 8	11-20	> 20
Ni	pomodoro, foglia	< 5	8-15	> 15
	mais, foglia	< 2	6-20	> 50
	frumento, germoglio	< 2	5-10	> 10
	soia, pianta intera	< 0,004	0,05-0,1	> 50
B	orzo, seme	< 0,1	> 0,1-0,25	
	avena	< 0,2	> 0,2	
	patata, foglia	< 15	21-50	> 50
	pomodoro, foglia	14-32	34-96	91-415
Mo	mais, germoglio	< 9	15-90	> 100
	frumento, paglia	4,6-6,0	17	> 34
	pomodoro, foglia	0,13	0,68	> 1.000
	orzo, germoglio		0,03-0,07	

È evidente come parti diverse della pianta possano essere utilizzate per la misura delle concentrazioni di micronutrienti.

ne per correggere questa situazione dovrebbe essere determinata con calibrizioni in campo.

Numerosi test sono stati sviluppati, basati su solidi principi chimici che tengono conto delle caratteristiche degli elementi nutritivi, che tendono a determinare per via chimica le quote da considerarsi disponibili per l'assorbimento da parte delle piante, anche se è doveroso osservare che generalizzazioni dei risultati e della loro interpretazione sono rese difficoltose dall'eterogeneità dei metodi analitici impiegati.

L'utilizzo di una procedura di analisi si può considerare efficace se esiste una stretta relazione tra la quantità determinata con l'analisi nel suolo e quella accumulata nella pianta.

L'analisi della risposta delle piante alla disponibilità di nutrienti viene generalmente effettuata in condizioni controllate (serra) valutando resa, assorbimento e accumulo dell'elemento, indici visivi (colore, SPAD); concordemente viene determinata in laboratorio la quantità di elemento estraibile dal suolo con specifiche reazioni chimiche che tendono a simulare il comportamento della pianta.

I risultati delle analisi dei suoli devono essere corretti tenendo conto di specifici fattori (ad esempio pH, tessitura, sostanza organica, capacità di scambio cationico).

Su questa base sono stati sviluppati criteri per l'interpretazione dei dati analitici che hanno permesso la predisposizione di tabelle indicative delle quote ritenute insufficienti, adeguate o elevate (vedi, a titolo puramente indicativo, la *tabella 6*), sfruttabili ai fini della formulazione di raccomandazioni per la concimazione.

Tuttavia, le quote disponibili così definite sono solitamente limitate ad alcune specie in determinate aree geografiche.

È poi da tener presente che la relazione tra quantità assorbita dell'elemento e quella presente nelle frazioni disponibili del suolo non è lineare, ma spesso curvilinea e fortemente influenzata dalle capacità delle piante (che varia da specie a specie e perfino all'interno della stessa specie) di modificare la dinamica dei micronutrienti attorno alla radice.

Ciò porta spesso a una notevole difficoltà di definizione delle correlazioni tra disponibilità dell'elemento e risposta della pianta. L'analisi del tessuto vegetale dà la misura dei micronutrienti che erano disponibili e sono stati assorbiti dalle radici e traslocati alle foglie.

Questo processo, al contrario dell'analisi del terreno che segue leggi chimiche, risponde a leggi biochimiche, fisiologiche (esigenza nutrizionale e capacità di acquisizione) e genetiche (variabilità inter e intraspecifiche), per cui rappresenta in modo più preciso la quota del nutriente effettivamente disponibile per le piante e che ha determinato un particolare stato nutrizionale.

Da quanto detto è evidente che un quadro completo della situazione nutrizionale può derivare solo dall'integrazione dei risultati dei due metodi di analisi (fogliare e del terreno). Attraverso la valutazione della relazione tra questi parametri e le risposte produttive è possibile pervenire alla definizione dei valori critici di ciascun elemento nei due compartimenti (suolo e pianta).

Va inoltre ricordato che l'analisi del terreno può essere effettuata indipendentemente dalla presenza della coltura, per cui tale procedura è particolarmente indicata quando si voglia predire un potenziale stato di sofferenza e programmare interventi preventivi. A questo proposito può essere di utilità considerare

TABELLA 6 - Intervalli di dotazione di alcuni micronutrienti nei suoli (in ppm)

	Povero	Sufficiente	Ben dotato
Zinco	< 0,8	0,8-1,2	> 1,2
Manganese	< 1,0	1,0-2,5	> 2,5
Rame	< 0,2	0,2-1,0	> 1,0
Ferro	< 2,5	2,5-5,0	> 5,0
Boro	< 0,3	0,3-1,0	> 1,0
Molibdeno	< 0,2	0,2-0,4	> 0,4

i fattori che possono favorire l'insorgenza delle microcarenze (*tabella 7*).

È evidente che il verificarsi di una o più condizioni che possono determinare limitazioni della disponibilità di uno o più nutrienti suggerisce di effettuare interventi correttivi soprattutto se si intendono coltivare specie sensibili alla carenza. L'entità dell'intervento dipenderà dalla determinazione delle quote disponibili nel terreno. È a questo punto che è indispensabile disporre di dati a lungo termine di calibra-

zione dei dati di analisi del terreno con la risposta della coltura che indichino se i livelli di disponibilità del nutriente sono sufficienti o meno per sostenere la crescita della coltura: sulla base di questi indici sarà possibile approntare il piano di fertilizzazione. Questo tipo di calibrizioni può consentire anche di individuare i livelli di nutriente sopra al quale non si hanno incrementi della produzione; è evidente che ogni intervento oltre questo limite potrebbe portare a spreco di risorse sia economiche (energetiche) che ambientali.

...e come riconoscerne i sintomi

Lo stato di carenza di specifici nutrienti nelle piante può essere rivelato da sintomi esteriori, quali alterate modalità di crescita e sviluppo, cambiamento di colore delle foglie, deformazioni e degenerazione dei tessuti.

Tali sintomi traducono a livello macroscopico le conseguenze prodotte dallo stato di carenza a livello biochimico-metabolico. Non tutte le piante reagiscono allo stesso modo a una uguale condizione di stress nutrizionale essendo alcune specie, dette piante indicatrici, più esigenti e perciò più sensibili di altre alla carenza di un dato elemento. È il caso della vite per il boro o delle leguminose per il molibdeno.

È da sottolineare che numerosi patogeni possono causare sintomi esteriori facilmente confusi con stati di carenza.

Anche avversità ambientali quali basse temperature, brinate

TABELLA 7 - Fattori ambientali che favoriscono l'insorgenza di carenze micronutrizionali

Nutriente	Fattori
Ferro	pH elevato, eccessiva presenza di bicarbonato, scarsa dotazione di sostanza organica, elevate disponibilità di fosforo o nitrato, eccesso di zinco, rame o manganese o altri metalli pesanti
Zinco	pH elevato, eccessiva presenza di bicarbonato, scarsa dotazione di sostanza organica, elevate disponibilità di calcio, magnesio e fosforo, scarsa disponibilità di azoto
Manganese	terreni calcarei o con pH superiore a 6,5, elevate disponibilità di ferro, bassa concentrazione di azoto, suoli secchi e compatti, elevate dotazioni di sostanza organica
Boro	pH del suolo < 5,5 o > 7, suoli sabbiosi, secchi con ridotto contenuto di sostanza organica e scarsa disponibilità di azoto, presenza eccessiva di bicarbonato sia naturale che aggiunto
Rame	pH del suolo elevato, carenza di azoto, suoli compatti, eccessiva dotazione di sostanza organica
Molibdeno	pH < 5, suoli eccessivamente drenati

Il verificarsi di una o più condizioni che possono determinare limitazioni della disponibilità di uno o più nutrienti suggerisce di effettuare interventi correttivi soprattutto se si intendono coltivare specie sensibili alla carenza.

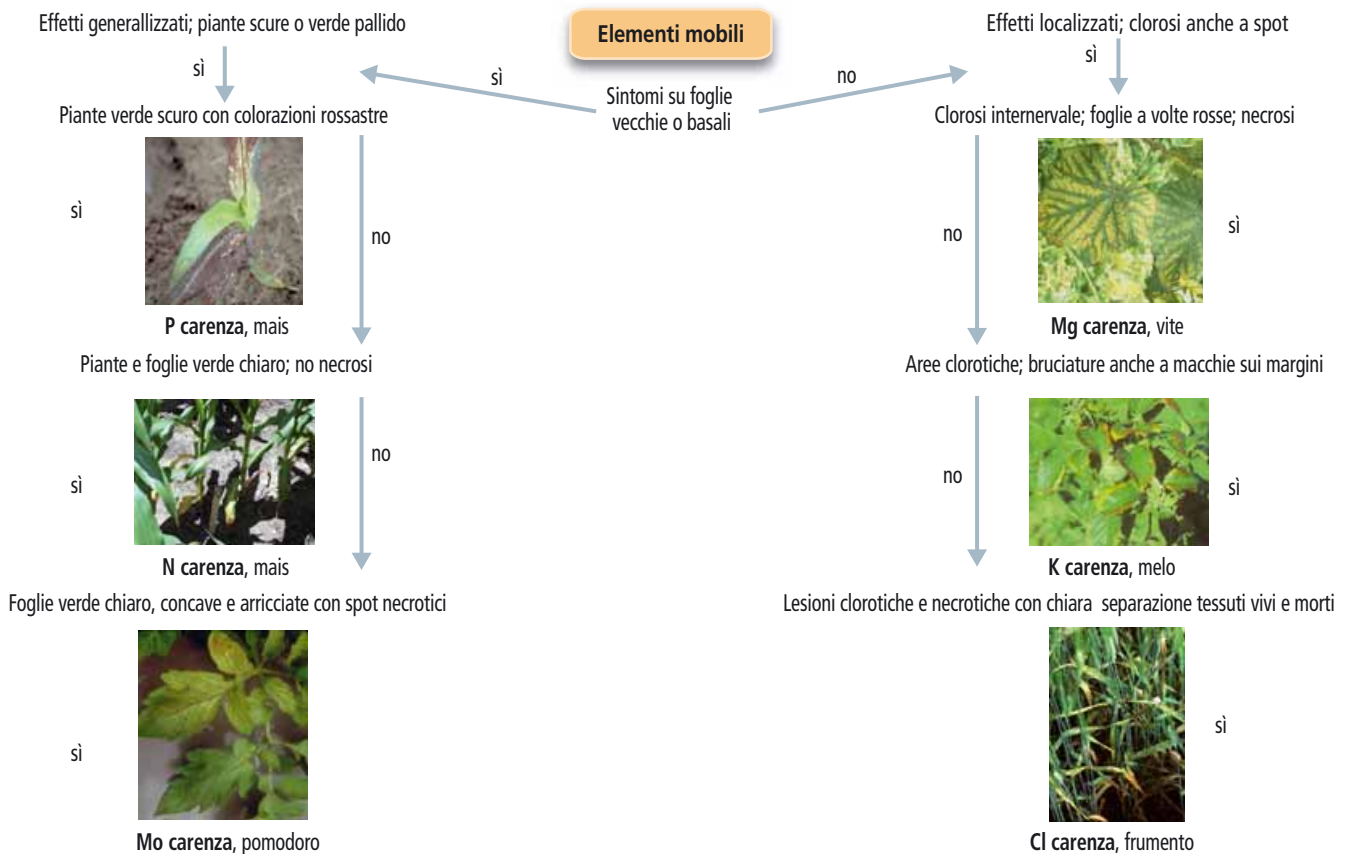
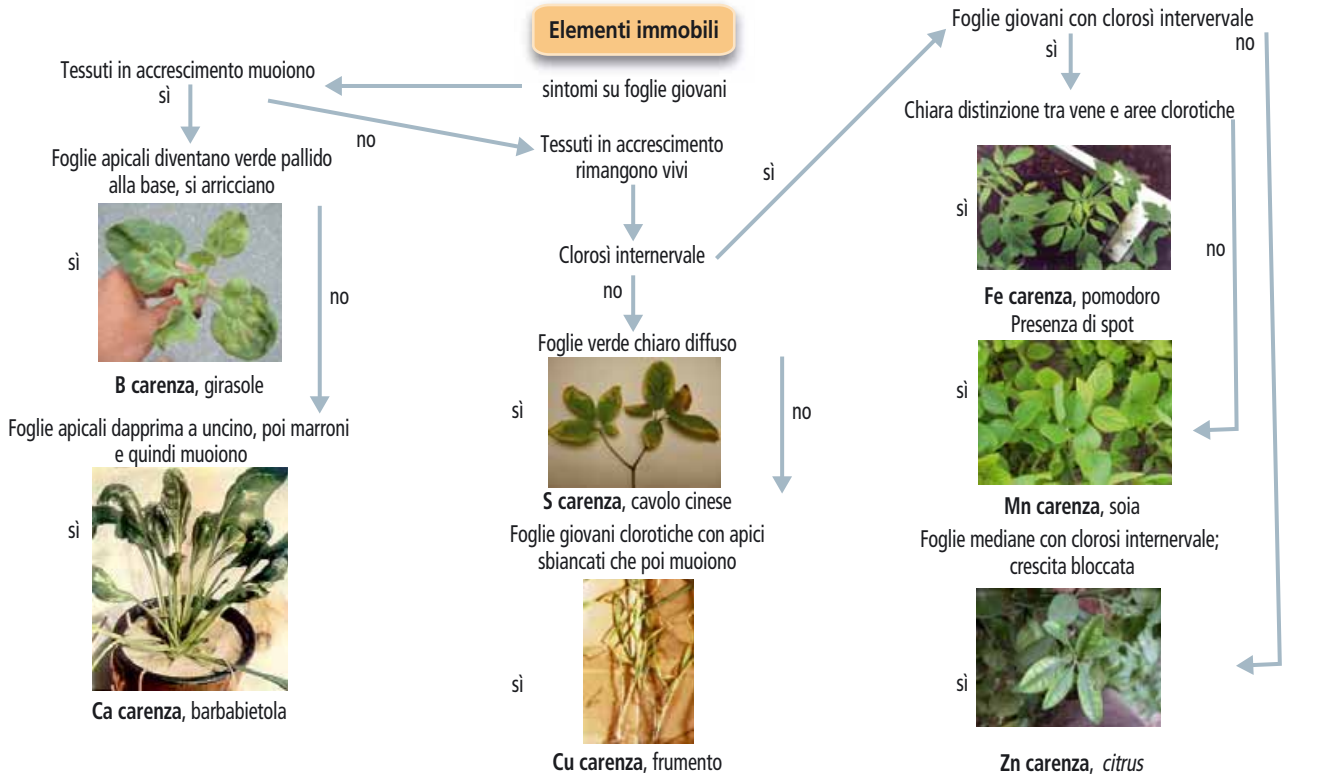


FIGURA 3 - Chiave indicativa per l'individuazione dei sintomi visibili delle macro e microcarenze



Sintomi di carenza da magnesio su vite

o squilibri idrici possono causare anomalie di sviluppo o delle pigmentazioni simili ad alcune manifestazioni di carenza; inoltre si possono verificare fenomeni simili anche per effetto di non razionali applicazioni di fitofarmaci o di erbicidi o come conseguenza di stati di inquinamento ambientale.

Spesso la carenza non riguarda un singolo elemento nutritivo, ma due o più, la qual cosa determina un quadro sintomatico complesso e spesso confuso.

Il sospetto di stato carenziale da sintomi esteriori deve trovare conferma attraverso l'esclusione di stati patologici da agenti biotici o abiotici, mediante appropriate analisi dei tessuti (diagnostica fogliare) e l'accertamento delle disponibilità nutrizionali del terreno, per poi pervenire alla somministrazione al terreno o per via fogliare dell'elemento o degli elementi ritenuti carenti: gli effetti di questa ultima operazione daranno la conferma definitiva della correttezza della diagnosi.

Sebbene a volte sia troppo tardi per azioni correttive nel momento in cui i sintomi appaiono visibili, la loro identificazione può essere estremamente utile per pianificare interventi correttivi per gli anni futuri e per localizzare aree sensibili all'interno degli appezzamenti coltivati.

I sintomi caratteristici di carenza nutrizionale possono essere così sommariamente descritti:

Ferro. Crescita rallentata; clorosi fogliare internervale con colore da verde pallido a giallo, fino all'imbianchimento in caso di carenza avanzata; frutti con colore intenso.

Manganese. Portamento eretto di foglie e germogli; clorosi fogliare internervale con aspetto chiazzato, a macchie anche necrotiche.

Zinco. Accorciamento degli internodi; foglie piccole in rosetta; scarsa fruttificazione; clorosi a maculatura fogliare anche nervale, con sfumature bronzee.

Rame. Scarso o nullo accrescimento; clorosi con imbianchimento degli apici fogliari; perdita di turgore di foglie e steli giovani.

Boro. Lembo fogliare ispessito e bolloso; clorosi internervale; disseccamento di apici radicali e gemme; raccorciamento degli internodi e foglie a rosetta; cascola di fiori e frutti; scarsa allegazione; deformazione dei frutti; marciume del cuore nella barbabietola.

Molibdeno. Generale ingiallimento, clorosi marginale e internervale, necrosi marginale, arricciamento marginale.

Nichel. Crescita ridotta e clorosi nelle foglie vecchie con fenotipo simile alla carenza di azoto.

La localizzazione sulla pianta dei sintomi può agevolare la diagnosi. Infatti si manifestano principalmente sulle foglie più vecchie e segni di carenza degli elementi mobili, che possono cioè trasferirsi all'interno della pianta dai tessuti già maturi a quelli più recenti, in via di formazione, quando il rifornimento è inadeguato.

I nutrienti mobili sono azoto, fosforo, potassio, magnesio e, tra i micronutrienti, cloro e molibdeno. Per questi elementi i sintomi saranno visibili dapprima sulle foglie vecchie o sulle foglie basali e gli effetti saranno generalizzati o localizzati. Al contrario, i nutrienti immobili (quali ferro, manganese, rame, zinco, boro e nichel) non sono capaci di muoversi da una parte all'altra della pianta e i sintomi quindi appariranno prima sulle foglie giovani o apicali e saranno soprattutto localizzati.

Lo zinco rappresenta una parziale eccezione dato che è solo in parte immobile nella pianta, cosicché i sintomi appaiono prima nelle foglie intermedie e poi si estendono sia a quelle vecchie che a quelle nuove. La figura 3 fornisce una chiave indicativa per l'individuazione dei sintomi carenziali basata su questi assunti, che può essere usata a integrazione di quanto sopra riportato per ciascun microelemento.

Correggere i problemi legati alle carenze di micronutrienti

Una volta che la carenza o la potenziale situazione di carenza è stata individuata, l'approccio migliore consiste nella somministrazione dell'elemento specifico per correggerla. Non è infatti raccomandabile ricorrere ad applicazioni a largo spettro, dato che questo approccio può essere dispendioso e pericoloso.

Il pericolo nasce proprio dal fatto che non tutti gli elementi aggiunti sono necessari.

Come è stato precedentemente ricordato, la presenza di un secondo o terzo elemento può effettivamente peggiorare la situazione di carenza interferendo con l'assorbimento del nutriente di cui la pianta necessita.

L'aspetto economico è evidente se analogamente si considera che si applicano anche nutrienti che non sono richiesti.

Il momento dell'intervento, nel periodo di maggiore domanda o nelle fasi iniziali della coltura o ancora, per le piante arboree da frutto, nel momento in cui si possano costituire delle riserve all'interno della pianta da utilizzare nei periodi successivi, è poi particolarmente importante. L'esperienza dimostra chiaramente che nel momento in cui la carenza si manifesta, è quasi inevitabile avere delle perdite produttive.

I benefici dell'applicazione possono derivare anche dalle modalità con cui il fertilizzante viene applicato; sia che venga distribuito in bande o diffuso, l'omogeneità della distribuzione deve essere ottenuta per garantire l'efficacia del trattamento. Distribuzioni localizzate possono essere efficaci, ma in alcuni casi, come ad esempio per il boro, rischiano di causare effetti negativi (tossicità).

L'applicazione dei prodotti al suolo sarebbe preferibile, soprattutto per la creazione di riserve utilizzabili dalle piante in fasi successive; la richiesta in particolari fasi fenologiche e il costo di taluni interventi, oltre alla necessità nei casi di evidente carenza di intervenire con urgenza, suggeriscono il ricorso alla concimazione fogliare.

È da osservare comunque che particolare cautela dovrebbe essere posta alla somministrazione di micronutrienti poco mobili a foglie già carenti, dato che si renderebbero necessarie in questo caso ripetute applicazioni e aumenterebbero i rischi di indurre necrosi localizzate.

●
Roberto Pinton

Dipartimento di scienze agrarie e ambientali - Università di Udine
pinton@uniud.it