

I micronutrienti

Per crescere e per svilupparsi normalmente i vegetali devono poter disporre, oltre che dei macronutrienti (**N, P, S, K, Ca, Mg**) (+ C, H, O) anche di quantità limitate di altri elementi. Questi sono definiti elementi minori, oligo-elementi, elementi in traccia, o micronutrienti. **Fe, Mn, Zn, Cu, B, Mo, Cl** sono considerati (+ Ni) essenziali per le piante perché:

- ❖ **assolutamente necessari per il completamento del ciclo vegetativo**

- ❖ **caratterizzati da specifica attività, senza la possibilità di risultare sostituibili da altri elementi**

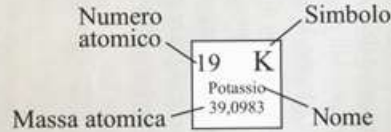
- ❖ **capaci di agire direttamente sui vegetali**

Na, Co, I, Al, Si sono vantaggiosi o utili per alcune specie. (+ V)

Se e **F** devono essere presenti in quantità sufficiente nei foraggi perchè indispensabili per l'alimentazione del bestiame. Rapporti definiti da fenomeni di antagonismo, inibizione, precipitazione o sinergia possono stabilirsi tra i micronutrienti e tra questi e i macronutrienti.

Gli elementi della nutrizione minerale delle piante

																		18	
1 H Idrogeno 1,00794																	2 He Elio 4,002602		
3 Li Litio 6,941	4 Be Berillio 9,012182																		
11 Na Sodio 22,989768	12 Mg Magnesio 24,3050																		
19 K Potassio 39,0983	20 Ca Calcio 40,078	21 Sc Scandio 44,955910	22 Ti Titanio 47,867	23 V Vanadio 50,9415	24 Cr Cromo 51,9961	25 Mn Manganese 54,93805	26 Fe Ferro 55,845	27 Co Cobalto 58,93320	28 Ni Nichel 58,6934	29 Cu Rame 63,546	30 Zn Zinco 65,39	31 Ga Gallio 69,723	32 Ge Germanio 72,61	33 As Arsenico 74,92159	34 Se Selenio 78,96	35 Br Bromo 79,904	36 Kr Cripto 83,80		
37 Rb Rubidio 85,4678	38 Sr Stronzio 87,62	39 Y Ittrio 88,90585	40 Zr Zirconio 91,224	41 Nb Niobio 92,90638	42 Mo Molibdeno 95,94	43 Tc Tecnecio [98]	44 Ru Rutenio 101,07	45 Rh Rodio 102,90550	46 Pd Palladio 106,42	47 Ag Argento 107,8682	48 Cd Cadmio 112,411	49 In Indio 114,818	50 Sn Stagno 118,710	51 Sb Antimonio 121,760	52 Te Tellurio 127,60	53 I Iodio 126,90447	54 Xe Xeno 131,29		
55 Cs Cesio 132,90543	56 Ba Bario 137,327	†	72 Hf Afnio 178,49	73 Ta Tantalio 180,9479	74 W Tungsteno 183,84	75 Re Renio 186,207	76 Os Osmio 190,23	77 Ir Iridio 192,217	78 Pt Platino 195,08	79 Au Oro 196,96654	80 Hg Mercurio 200,59	81 Tl Tallio 204,3833	82 Pb Piombo 207,2	83 Bi Bismuto 208,98037	84 Po Polonio [209]	85 At Astatio [210]	86 Rn Radon [222]		
87 Fr Francio [223]	88 Ra Radio [226]	‡	104 Rf Rutherfordio [267]	105 Db Dubnio [268]	106 Sg Seaborgio [271]	107 Bh Bohrio [272]	108 Hs Hassio [270]	109 Mt Meitnerio [276]	110 Ds Darmstazio [281]	111 Rg Roentgenio [280]	112 Cp Copernicio [285]	113 Uut Ununtrio [284]	114 Uuq Ununquadio [289]	115 Uup Ununpentio [288]	116 Uuh Ununhexio [293]	117 Uus Ununseptio [?]	118 Uuo Ununoctio [294]		
† Lantanidi			57 La Lantanio 138,9055	58 Ce Cerio 140,115	59 Pr Prasodimio 140,90765	60 Nd Neodimio 144,24	61 Pm Promezio [145]	62 Sm Samario 150,36	63 Eu Europio 151,965	64 Gd Gadolinio 157,25	65 Tb Terbio 158,92534	66 Dy Disprosio 162,50	67 Ho Olmio 164,93032	68 Er Erbio 167,26	69 Tm Tulio 168,93421	70 Yb Itterbio 173,04	71 Lu Lutezio 174,967		
‡ Attinidi			89 Ac Attinio [227]	90 Th Torio 232,0381	91 Pa Protoattinio 231,03588	92 U Uranio 238,0289	93 Np Nettunio [237]	94 Pu Plutonio [244]	95 Am Americio [243]	96 Cm Curio [247]	97 Bk Berkelio [247]	98 Cf Californio [251]	99 Es Einsteinio [252]	100 Fm Fermio [257]	101 Md Mendelevio [258]	102 No Nobelio [259]	103 Lr Lawrencio [262]		
Elementi essenziali per i vegetali, assorbiti da aria e acqua			Elementi essenziali per i vegetali, assorbiti dal terreno			Elementi benefici, forse essenziali per i vegetali			Elementi benefici, ma non essenziali per i vegetali			Elementi essenziali per alghe o batteri		Elementi non essenziali, che possono essere assorbiti dai vegetali					

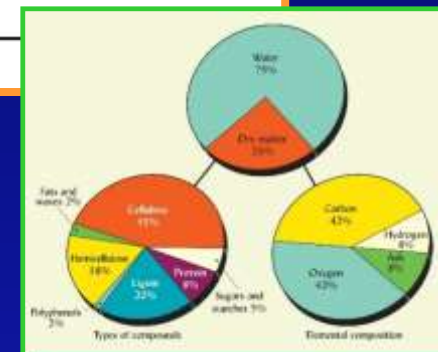


Gli elementi essenziali della nutrizione minerale delle piante

Table 1 Essential plant nutrients and their relative and average plant concentrations

Element or nutrient	Plant concentration ^a		Classification
	Relative	Average	
Hydrogen H	60 000 000	6.0%	Primary Macronutrients
Oxygen O	30 000 000	45.0%	
Carbon C	30 000 000	45.0%	
Nitrogen N	1 000 000	1.5%	
Potassium K	400 000	1.0%	
Phosphorus P	30 000	0.2%	
Calcium Ca	200 000	0.5%	
Magnesium Mg	100 000	0.2%	
Sulfur S	30 000	0.1%	
Chloride Cl	3000	100 ppm (0.01%)	
Iron Fe	2000	100 ppm	
Boron B	2000	20 ppm	
Manganese Mn	1000	50 ppm	
Zinc Zn	300	20 ppm	
Copper Cu	100	6 ppm	
Molybdenum Mo	1	0.1 ppm	
Nickel Ni	1	0.1 ppm	

^aConcentration expressed on a dry-matter-weight basis.



Gli elementi della nutrizione minerale delle piante

Elemento	Ruolo
<u>Carbonio</u>	Componente dell'organizzazione molecolare di tutte le biomolecole (carboidrati, proteine, lipidi, acidi nucleici, alcaloidi, etc.).
<u>Ossigeno</u>	Come il carbonio partecipa alla costituzione molecolare di tutte le biomolecole.
<u>Idrogeno</u>	Componente della costituzione molecolare di tutte le biomolecole. Svolge un ruolo funzionale nel controllare il bilancio ionico, il potenziale di membrana, i processi redox. Fondamentale nel trasferimento dell'energia.
<u>Azoto</u>	Componente della costituzione molecolare di biomolecole quali proteine, acidi nucleici, ormoni, clorofilla, vitamine, enzimi.
<u>Fosforo</u>	Coinvolto nei processi di trasferimento dell'energia. Componente della costituzione molecolare di lipidi, acidi nucleici e, negli organi di riserva, della fitina.
<u>Zolfo</u>	Componente della costituzione molecolare di biomolecole quali amminoacidi, enzimi, cofattori e vitamine. Coinvolto nei processi biosintetici e di trasferimento dell'energia.
<u>Potassio</u>	Ruolo funzionale, stabilizza la conformazione di molti enzimi. Partecipa ai meccanismi di regolazione osmotica e di controllo del bilancio idrico, ionico e del turgore cellulare. Coinvolto nella traslocazione dei prodotti della fotosintesi. Contrasta gli effetti di stress.
<u>Calcio</u>	È necessario per la distensione e la divisione cellulare. Mantiene l'integrità della cellula e la permeabilità delle membrane. Coinvolto nella traslocazione dei carboidrati. Mitiga l'azione tossica dei metalli pesanti. Favorisce l'infezione nodulare dei rizobi.
<u>Magnesio</u>	Componente della clorofilla. Cofattore enzimatico coinvolto nei processi di trasferimento di energia e del fosfato. Stabilizza i ribosomi nella sintesi delle proteine.
<u>Ferro</u>	Cofattore enzimatico nelle ossidoriduttasi partecipa al trasferimento di energia. Coinvolto nella biosintesi della clorofilla nei cloroplasti e nella riduzione di S e N.

Gli elementi della nutrizione minerale delle piante

Elemento	Ruolo
Manganese	Cofattore enzimatico nei processi redox di trasferimento di elettroni nella fotosintesi e nella fotolisi dell'acqua. Interviene nella biosintesi di alcune vitamine e delle auxine.
Zinco	Cofattore enzimatico nelle ossidoriduttasi. Coinvolto nel metabolismo dei carboidrati e nella biosintesi del triptofano.
Rame	Cofattore enzimatico nei processi redox di trasferimento di elettroni nella fotosintesi e nella catena di trasporto di elettroni. Partecipa alla biosintesi di IAA.
Boro	Coinvolto nei processi di fioritura, germinazione del polline, fruttificazione e divisione cellulare. Favorisce la traslocazione degli zuccheri e degli ormoni.
Molibdeno	Cofattore nel sistema enzimatico della nitrogenasi e nella nitrato-riduttasi.
Nichel	Cofattore enzimatico dell'ureasi. Favorisce l'assorbimento del Fe e la germinazione dei semi.
Cloro	Interviene nella fotolisi dell'acqua. Regola il potenziale osmotico della cellula.
Silicio	Conferisce resistenza alle pareti cellulari (riso) ed aumenta la resistenza alle infezioni fungine.
Sodio	Regolazione del tono osmotico e del bilancio ionico cellulare.
Selenio	Ritenuto benefico per gli organismi animali che lo rinvergono in piante accumulatrici.
Cobalto	Coinvolto nella biosintesi della vitamina B12 è essenziale per gli animali e per i batteri azotofissatori simbiotici delle Leguminosae.
Vanadio	Stimola la crescita di alcune specie vegetali. Può sostituire il Mo nella azotofissazione.

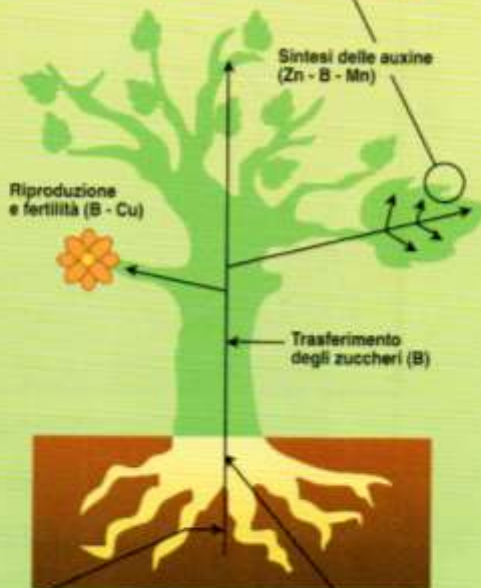
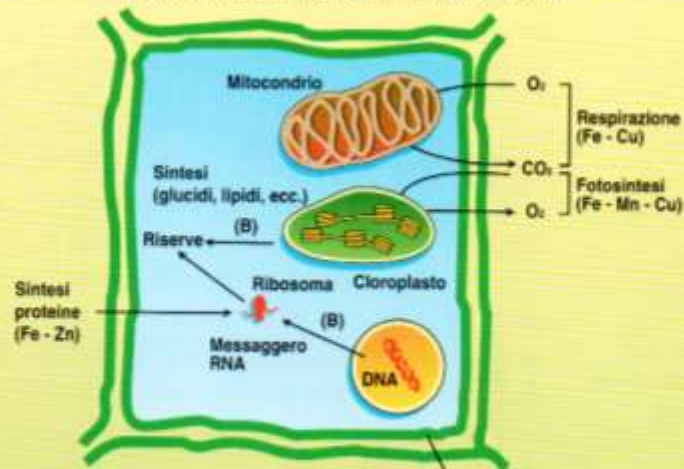
Gli elementi essenziali e le forme chimiche della nutrizione minerale delle piante

Table 37.1 Essential Nutrients in Plants

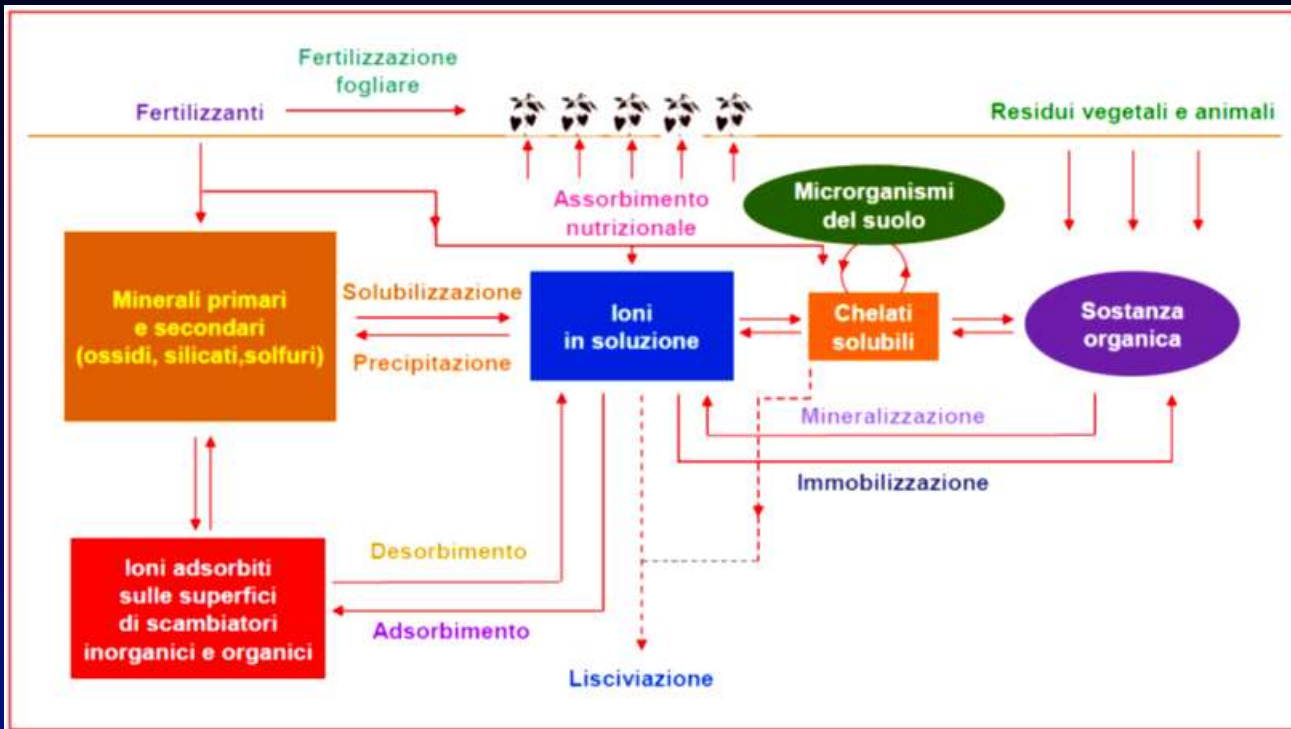
Element	Form Available to Plants	Major Functions
Macronutrients		
Carbon	CO ₂	Major component of plant's organic compounds
Oxygen	CO ₂	Major component of plant's organic compounds
Hydrogen	H ₂ O	Major component of plant's organic compounds
Nitrogen	NO ₃ ⁻ , NH ₄ ⁺	Component of nucleic acids, proteins, hormones, and coenzymes
Sulfur	SO ₄ ²⁻	Component of proteins, coenzymes
Phosphorus	H ₂ PO ₄ ⁻ , HPO ₄ ²⁻	Component of nucleic acids, phospholipids, ATP; several coenzymes
Potassium	K ⁺	Cofactor that functions in protein synthesis; major solute functioning in water balance; operation of stomata
Calcium	Ca ²⁺	Important in formation and stability of cell walls and in maintenance of membrane structure and permeability; activates some enzymes; regulates many responses of cells to stimuli
Magnesium	Mg ²⁺	Component of chlorophyll; activates many enzymes
Micronutrients		
Chlorine	Cl ⁻	Required for water-splitting step of photosynthesis; functions in water balance
Iron	Fe ³⁺ , Fe ²⁺	Component of cytochromes; activates some enzymes
Boron	H ₂ BO ₃ ⁻	Cofactor in chlorophyll synthesis; may be involved in carbohydrate transport and nucleic acid synthesis
Manganese	Mn ²⁺	Active in formation of amino acids; activates some enzymes; required for water-splitting step of photosynthesis
Zinc	Zn ²⁺	Active in formation of chlorophyll; activates some enzymes
Copper	Cu ⁺ , Cu ²⁺	Component of many redox and lignin-biosynthetic enzymes
Molybdenum	MoO ₄ ²⁻	Essential for nitrogen fixation; cofactor that functions in nitrate reduction
Nickel	Ni ²⁺	Cofactor for an enzyme functioning in nitrogen metabolism

Ciascuno di essi svolge una specifica funzione fisio-metabolica nella cellula vegetale. Questi elementi sono quindi essenziali per la crescita e lo sviluppo della pianta.

INFLUENZA DEI MICRONUTRIENTI SULLA FISIOLOGIA DELLA PIANTA E DELLA CELLULA



Il ciclo globale dei micronutrienti



(da Violante, 2013)

Apporti

Alterazione dei costituenti minerali
Mineralizzazione dei residui colturali
Acque irrigue e superficiali (Cl)
Deposizioni atmosferiche (Cl)
Concimazione/ammendamento

Perdite

Asportazioni colturali
Lisciviazione
Erosione

I micronutrienti hanno un ciclo biogeochimico sedimentario

I micronutrienti: apporti pedogenetici

Fonte primaria dei micronutrienti nel suolo è la componente minerale della fase solida.

Tab. 31.1 - Contenuto totale ($\mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$), specie chimiche e fonti principali dei micronutrienti nel suolo.

Micronutrienti	Contenuto		Forme ioniche presenti nel suolo	Fonti principali
	Valori medi	Valori estremi		
Ferro	0,5 - 4 (*)	0,1 - 5 (*)	Fe^{3+} , Fe^{2+} , $\text{Fe}(\text{OH})_2^+$, $\text{Fe}(\text{OH})_2$	Ossidi e idrossidi
Manganese	80 - 1000	7 - 8400	Mn^{2+} , Mn^{4+}	Minerali primari e secondari
Zinco	17 - 236	3 - 770	Zn^{2+} , $\text{Zn}(\text{OH})^+$	Silicati e minerali secondari
Rame	10 - 67	3 - 189	Cu^{2+} , $\text{Cu}(\text{OH})^+$	Solfuri e minerali secondari
Boro	9 - 85	1 - 467	H_3BO_3 , H_2BO_3^-	Tormalina, sali e minerali secondari
Molibdeno	0,7 - 5,8	0,013 - 17	MoO_4^{2-} , HMoO_4^-	Solfuri, ossidi e idrossidi di Al e Fe
Cloro	114 - 920	50 - 1806	Cl^-	Cloruri
Nichel	10 - 40	0,2 - 450	Ni^{2+}	Solfuri e minerali secondari

(*) Il contenuto di ferro è espresso in valori percentuali.

Tuttavia, le dinamiche di alterazione chimica del substrato pedogenetico, i processi biologici e gli equilibri chimici che si stabiliscono all'interfaccia fase liquida-fase solida ne controllano la concentrazione nella fase liquida disponibile per la nutrizione minerale della pianta (*pool*/assimilabile).

I micronutrienti: apporti pedogenetici

Table 15.8

MAJOR SOURCES OF PLANT MICRONUTRIENTS, RANGES AND REPRESENTATIVE CONTENTS OF THESE NUTRIENTS IN SOILS, ALONG WITH THEIR REPRESENTATIVE CONTENTS IN HARVESTED CROPS

The ratio of soil to crop contents emphasizes the primary need to increase the efficiency of plants in absorbing these nutrients from the soil.

Element	Major sources	Range, kg/ha/15 cm	Representative contents of		
			Soil, kg/ha/15 cm	Crop, kg/crop	Soil/crop ratio
Fe	Oxides, sulfides, silicates	20,000–220,000	56,000	2	28,000
Mn	Oxides, silicates, carbonates	45–9,000	2,200	0.5	4,400
Zn	Sulfides, carbonates, silicates	25–700	110	0.3	366
Cu	Sulfides, hydroxy carbonates, oxides	4–2,000	45	0.1	450
Ni	Silicates (e.g., serpentine), Fe, Ni, Si	10–2,200	45	0.02	2,250
B	Borosilicates, borates	8–200	22	0.2	110
Mo	Sulfides, oxides, molybdates	0.4–10	5	0.02	250
Cl	Chlorides	15–100	22	2.5	9

(da Weil & Brady, 2017)

I microelementi hanno delle caratteristiche in comune: la mobilità nel terreno e l'assimilabilità per le piante sono influenzate *non tanto dal loro contenuto totale nel suolo*, quanto da specifiche *condizioni pedochimiche e climatiche*.

I micronutrienti: disponibilità nel suolo

Le condizioni di disponibilità e di carenza dei micronutrienti variano, in modo dinamico, con il tipo e le proprietà del suolo, con le caratteristiche e la resa produttiva delle specie coltivate, con la gestione della pratica agronomica e la somministrazione di concimi.

La continua, crescente asportazione dal suolo di elementi della nutrizione, per più spinto incremento della coltivazione di varietà più esigenti ma economicamente più vantaggiose e per scelta di piani di fertilizzazione che apportano elevate quantità di macronutrienti, può provocare *deficit* di uno o più micronutrienti.

La carenza di ciascun micronutriente può essere:

- **primaria, o assoluta, se dovuta a bassissima concentrazione delle forme assimilabili dai vegetali**
- **secondaria, o indotta, se provocata da condizioni peculiari del suolo che ne abbassano il grado di disponibilità**

Le piante possono far fronte autonomamente a condizioni di carenza non ancora evidenziate da particolare sintomatologia (carenza occulta).

E' molto difficile diagnosticare questo fenomeno anche utilizzando i risultati dell'analisi fogliare. Tuttavia, la risposta positiva delle specie coltivate alla somministrazione di micronutrienti è indicativa dell'esistenza di difficoltà nutrizionali molto diffuse ma non sempre accertate.

Interazioni di sinergismo, antagonismo e inibizione sono comuni tra i nutrienti

	N	P	K	Ca	Mg	S	Fe	Mo	Cl	Na	B	Mn	Cu	Zn
N		S	S			S	S	S			S			
P	S			I			P					I		I
K	S			A	A		SI			A	S			
Ca		I	A		A		A			A	I	I	I	I
Mg		I	A	A						A				
S	S						S		A					
Fe	S	P	SI	A		S						A	A	A
Mo	S												A	
Cl						A								
Na			A	A	A									
B	S		S	I										
Mn		I		I			A						A	A
Cu				I			A	A						
Zn		I		I			A					A	A	

A – Antagonismo

I – Inibizione

P – Precipitazione

S – Sinergia o Interazione positiva

Rapporti, definiti da fenomeni di antagonismo, inibizione, precipitazione o sinergia, che possono stabilirsi tra i micronutrienti e tra questi e i macronutrienti

I fattori che controllano il comportamento dei micronutrienti nel sistema suolo-pianta sono:

- La tessitura e le caratteristiche del complesso di scambio
- la natura delle diverse specie ioniche, che ne regola la forza di legame sulle superfici degli scambiatori inorganici e organici
- il valore di pH, che ne definisce in modo prevalente l'utilizzabilità, per esempio quella del ferro, del manganese, dello zinco, del rame e del boro in condizioni d'alcalinità, quella del molibdeno in condizioni d'acidità
- il potenziale redox, che ne determina la solubilità, precisando che le forme ridotte [Fe^{2+} e Mn^{2+}] sono più solubili di quelle ossidate [Fe^{3+} , Mn^{3+} , Mn^{4+}]
- le sostanze umiche, che concorrono a stabilirne la concentrazione, rilasciandoli per mineralizzazione, fissandoli in forme organiche solubili e, intervenendo nei processi d'ossido-riduzione, trasformandoli nelle forme ridotte più solubili
- le condizioni che caratterizzano il *rhizosuolo*, costituito da un insieme di microsistemi contraddistinti da elevata attività e in grado di controllarne la solubilità e la mobilità per competizione con l'assorbimento radicale, per modificazione delle condizioni d'ossido-riduzione, per la presenza d'agenti complessanti e chelanti rilasciati dalle radici o originatisi durante la decomposizione microbica di residui vegetali
- la competizione tra ioni diversi
- il clima che, determinando lo stato d'inumidimento o di aridità, può provocare temporanea diminuzione del contenuto delle forme disponibili.

Variazione della disponibilità dei nutrienti al variare del pH del suolo

Fig. 31.2 - Contenuto ($\mu\text{g L}^{-1}$) di micronutrienti nella soluzione separata per centrifugazione da suoli caratterizzati da tessitura e valori di pH diversi.

Micronutrienti	Tessitura e valore di pH				
	Sabbiosa (2,5-4,0)	Sabbiosa (4,0-4,5)	Limosa (5,5-6,5)	Franca (7,0-7,5)	Franca (+ CaCO_3) (7,5-7,8)
Ferro	2223	1000	500	200	100
Manganese	5965	8000	5000	100	700
Zinco	7137	1000	5000	100	300
Rame	783	76	20	50	50
Boro	-	-	-	200	800
Molibdeno	-	-	-	5	3
Cloro (**)	-	-	-	-	-

(da Violante, 2013)

Contenuto crescente di argilla ed aumento del pH diminuiscono la disponibilità dei micronutrienti cationici. Azione opposta del pH sui nutrienti anionici.

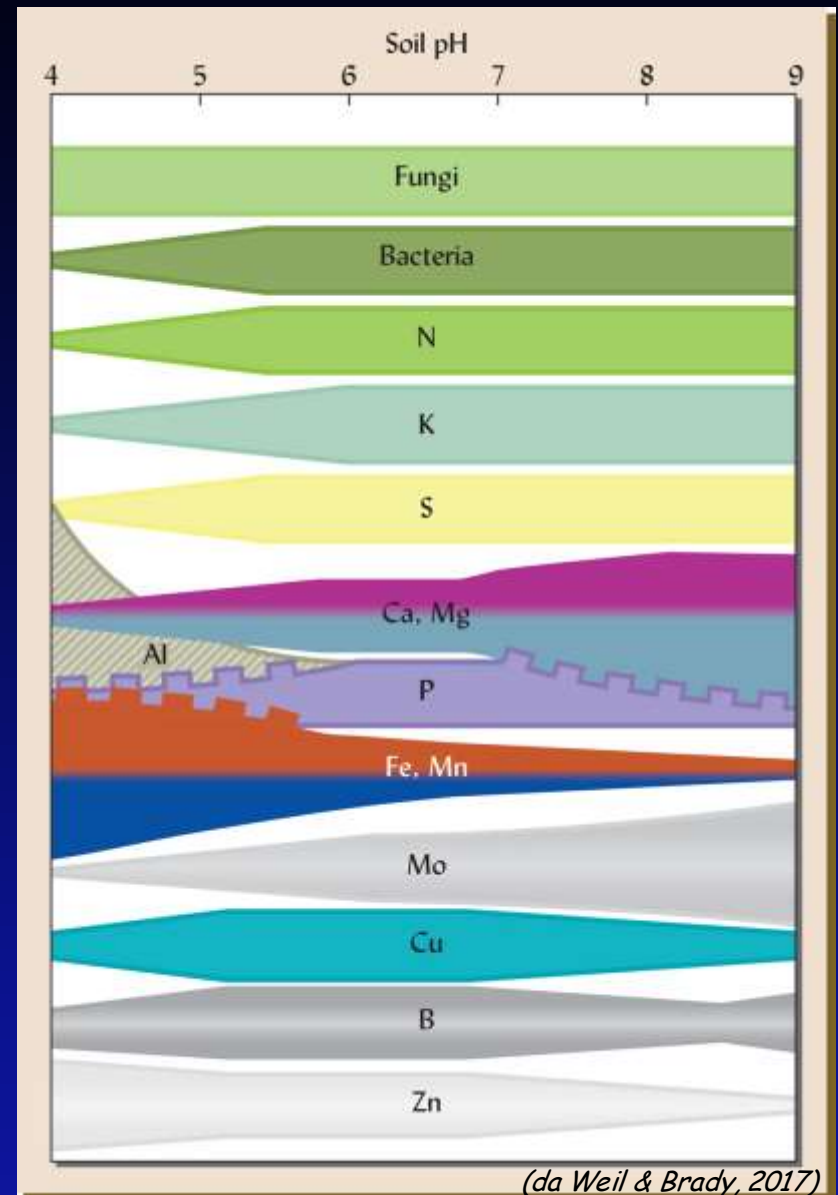
Variazione della disponibilità dei nutrienti al variare del pH del suolo

Relationships existing in mineral soils between pH and the availability of plant nutrients. The relationship with activity of certain microorganisms is also indicated. The width of the bands indicates the relative microbial activity or nutrient availability.

The jagged lines between the P band and the bands for Ca, Al, and Fe represent the effect of these metals in restraining the availability of P. When the correlations are considered as a whole, a pH range of about 5.5 to perhaps 7.0 seems to be best to promote the availability of plant nutrients. In short, if the soil pH is suitably adjusted for phosphorus, the other plant nutrients, if present in adequate amounts, will be satisfactorily available in most mineral soils.

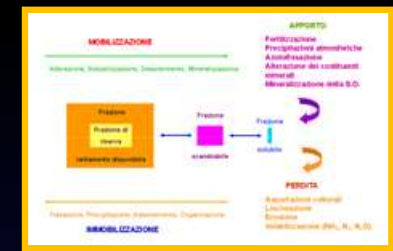
In organic-rich soils such as peats, forest O horizons and many potting mixes, the pH for optimal nutrient availability is about 1 full unit lower and Al is not a problem.

(Diagram courtesy of N. C. Brady and Ray R. Weil)



(da Weil & Brady, 2017)

Dinamica dei micronutrienti nel suolo



Nutriente	mg · L ⁻¹	μM
Cl ⁻	60 - 600	2000 - 20000
S [SO ₄ ²⁻]	50 - 500	500 - 5000
Ca ²⁺	30 - 300	800 - 8000
Mg ²⁺	5 - 50	200 - 2000
Si [(Si(OH) ₄]	10 - 50	400 - 2000
K ⁺	1 - 10	20 - 200
Na ⁺	0.5 - 5	20 - 200
F ⁻	0.1 - 0.5	5 - 20
Mn ²⁺	0.1 - 10	2 - 20
Cu ²⁺	0.03 - 0.3	0.5 - 5
P [H ₂ PO ₄ ⁻]	0.002 - 0.03	0.06 - 1
Mo [HMoO ₄ ⁻]	0.001 - 0.01	0.01 - 0.1
Al [Al(OH) ²⁺]	<0.01	<0.4
Fe ²⁺ + Fe(OH) ₂ ⁺	<0.005	<0.01
Zn ²⁺	<0.005	<0.01

Concentrazione di alcuni nutrienti nella soluzione di suoli delle regioni temperate (modificata da Murrman e Koutz, 1972)

La quantità di micronutrienti presenti in forma solubile nella fase liquida del suolo è generalmente poco elevata, non bilanciata e varia in funzione dei processi di pedogenesi, delle contenuto di acqua, le caratteristiche fisico-chimiche del suolo, la quantità di humus, l'attività microbica. La reintegrazione del nutriente è legata allo stabilirsi di equilibri dinamici tra le frazioni (*pool*).

Sola dosis facit venenum

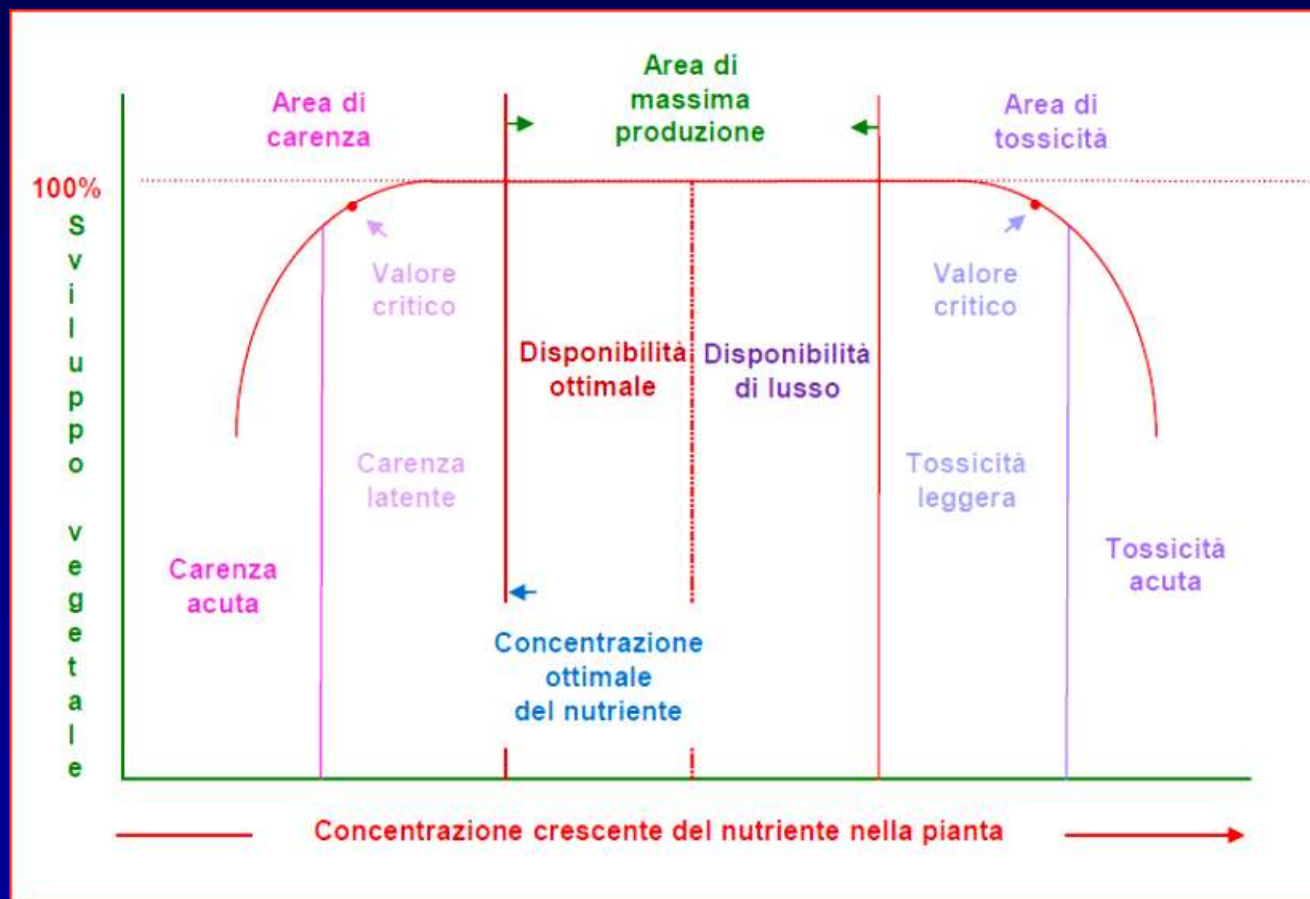
Approximate Concentrations of Micronutrients and Trace Elements in Mature Leaf Tissue

Trace Element	Normal	Toxic	Excessive
Antimony (Sb)	—	7–50	150
Arsenic (As)	—	1–1.7	5–20
Barium (Ba)	—	—	500
Beryllium (Be)	—	<1–7	10–50
Boron (B)	5–30	10–200	5–200
Cadmium (Cd)	—	0.05–0.2	5–30
Chromium (Cr)	—	0.1–0.5	5–30
Cobalt (Co)	—	0.02–1	15–50
Copper (Cu)	2–5	5–30	2–100
Fluorine (F)	—	5–30	50–500
Lead (Pb)	—	5–10	30–300
Lithium (Li)	—	3	5–50
Manganese (Mn)	15–25	20–300	300–500
Molybdenum (Mo)	0.1–0.3	0.211	0–50
Nickel (Ni)	—	0.1–5	10–100
Selenium (Se)	—	0.001–2	5–30
Silver (Ag)	—	0.5	5–10
Thallium (Tl)	—	—	20
Tin (Sn)	—	—	60
Titanium (Ti)	0.2–0.5	0.5–2.0	50–200
Vanadium (V)	—	0.2–1.5	5–10
Zinc (Zn)	10–20	27–150	100–400
Zirconium (Zr)	0.2–0.5	0.5–2.0	15

Source: Kabata-Pendias, A. and H. Pendias. 2000. *Trace Elements in Soils and Plants*, 3rd ed. CRC Press, Boca Raton, FL.

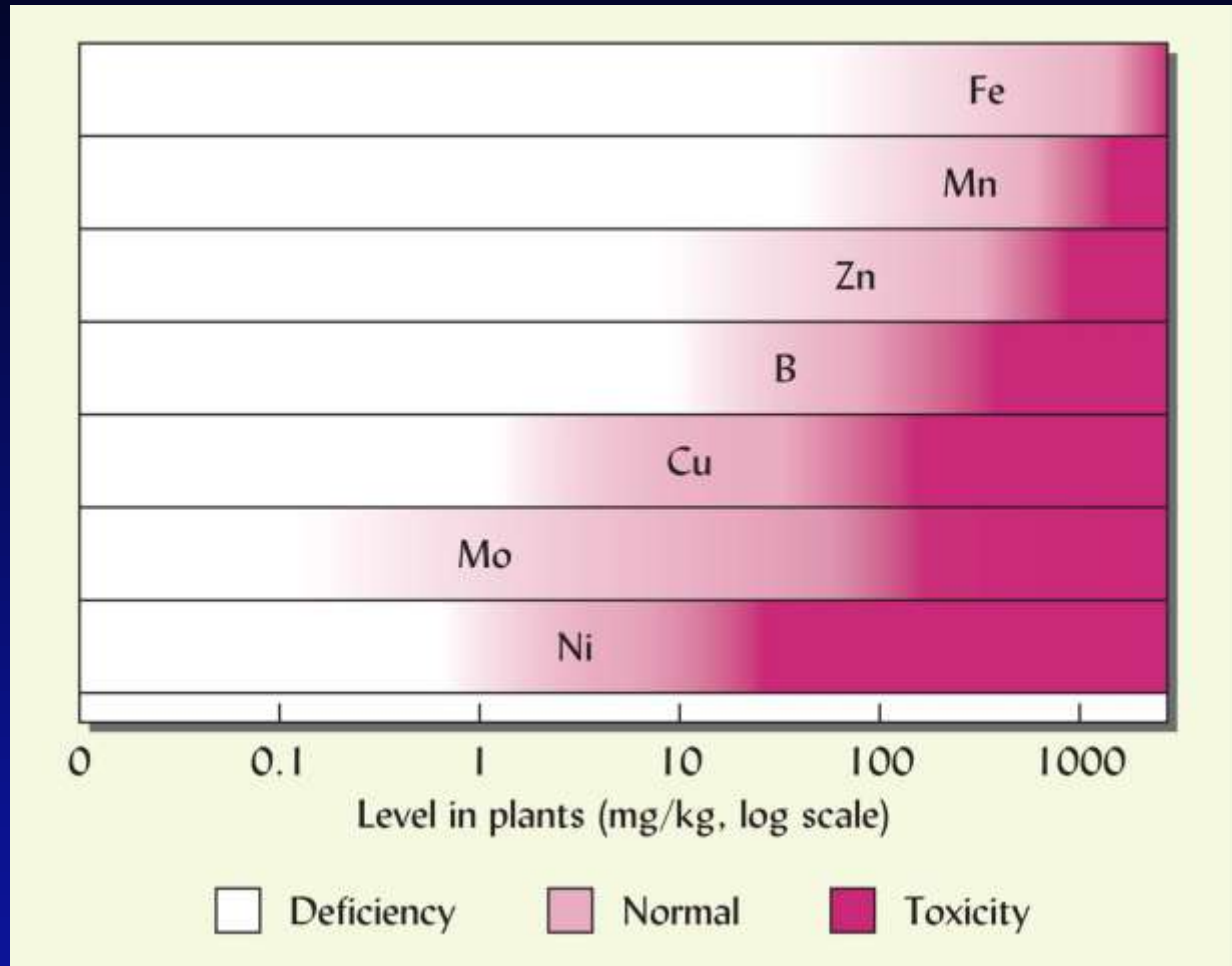
Caratteristica dei micronutrienti è di manifestare, in funzione della pianta e dello stadio fenologico, una soglia di sufficienza più o meno prossima alla soglia di tossicità.

Relazione empirica tra la risposta di crescita della coltura (o la sua resa fisiologica) e la concentrazione del nutriente in forma assimilabile nel suolo (o nella pianta).



Concentrazioni di un nutriente oltre il valore critico di tossicità determinano risposte avverse nella condizione fisio-metabolica della pianta causando ridotta crescita, arresto dello sviluppo e morte.

Deficiency, normal, and toxicity levels in plants for seven micronutrients. Note that the range is shown on a logarithmic scale and that the upper limit for manganese is about 10,000 times the lower range for molybdenum and nickel. In using this figure, keep in mind the remarkable differences in the ability of different plant species and cultivars to accumulate and tolerate different levels of micronutrients.



(da Weil & Brady, 2017)

Quantità di elementi essenziali mediamente asportate dal suolo da alcune colture agrarie

Colture	Produzione Mg · ha ⁻¹	N	P	K	Ca	Mg	S	g · ha ⁻¹		
								Cu	Mn	Zn
Cereali										
Orzo (Granello)	2,2	40	8	10	1	2	3	34	30	70
Orzo (Paglia)	2,5	17	3	30	9	2	5	11	360	60
Frumento (Granello)	2,7	56	13	14	1	7	3	33	100	170
Frumento (Paglia)	3,8	22	3	33	7	4	6	11	180	56
Avena (Granello)	2,9	55	10	14	2	3	6	34	134	56
Avena (Paglia)	5,0	28	8	75	9	9	10	34	-	330
Mais (Granello)	9,5	150	27	37	2	9	11	66	100	170
Mais (Stocchi)	11,0	110	19	135	29	22	17	55	1700	330
Riso (Granello)	2,0	39	11	11	2	3	8	22	247	34
Riso (Paglia)	3,4	17	9	28	9	2	3	11	156	78
Sorgo (Granello)	5,4	73	34	25	4	8	11	22	67	56
Sorgo (Stocchi)	9,0	90	28	129	36	25	-	-	-	-
Leguminose										
Arachide (Semi)	4,5	157	24	40	7	6	11	45	336	280
Arachide (Pianta)	5,6	112	19	168	99	22	12	134	168	-
Soia (Granello)	3,4	210	46	83	21	11	26	56	67	56
Soia (Stocchi)	6,7	100	18	83	34	10	13	-	-	-
Foraggere										
Erba medica	10,0	200	20	170	125	24	21	66	500	470
Trifoglio rosso	6,0	110	13	95	77	19	8	45	600	400
Godia di topo	6,0	168	27	213	20	7	6	33	347	224
Festuca aurundinacea	7,8	151	20	179	-	15	22	-	-	-
Loietto	11,2	240	49	224	-	45	-	-	-	-
Altre colture										
Canna da zucchero	75,0	110	27	250	31	26	26	-	-	-
Tabacco (Foglie)	2,2	83	8	110	83	20	15	33	600	80
Cotone (Semi e Fiocco)	1,7	45	11	14	2	4	3	66	120	350
Cotone (Steli e Foglie)	2,2	39	5	33	31	9	17	-	-	-
Patata (Tuberi)	27,0	90	15	140	3	7	7	44	100	60
Pomodoro (Frutti)	50,0	130	20	150	8	12	15	80	145	180
Cavolo	50,0	145	18	120	22	9	50	44	110	90
Cipolla	16,6	50	22	45	12	3	20	33	89	347
Spinacio	11,2	56	17	34	13	6	4	22	112	112

Mg = megagrammi = 10⁶ grammi

I micronutrienti: ruolo nella pianta

I micronutrienti nella pianta

Svolgono numerose ed importanti funzioni fisiologiche. Con moltissime molecole organiche formano complessi o chelati caratterizzati da diversa stabilità. Sembra che l'assorbimento dei micronutrienti possa avvenire per scambio di chelati e che il trasferimento all'interno della pianta non li coinvolga come ioni liberi ma come complessi. Diversi sono il contenuto e le principali funzioni svolte nella pianta.

➤ **Il ferro**, assorbito come Fe^{2+} , Fe^{3+} o chelato, si accerta in quantità variabili da 50 a 200 $\mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$. Nello spinacio si possono raggiungere quantità comprese tra 350 e 1000 $\mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$. Regola i meccanismi di crescita. Interviene nella biosintesi della clorofilla nei cloroplasti. Si conoscono più di 70 ferro-proteine che partecipano a processi di ossido-riduzione, di scissione dei perossidi, di fissazione simbiotica dell'azoto, di accumulo di proteine. Esistono due strategie di assorbimento del Fe.

Sinergia: N, S.

Antagonismo: P, Ca, Cu, Mn e Zn.

Effetti della carenza e dell'eccesso di ferro

Piante Fe-carenti manifestano:



Eccesso di Fe determina:



I micronutrienti: ruolo nella pianta

➤ Il manganese, assorbito come ione Mn^{2+} , si trova nelle piante in quantità comprese tra 1 e 100 $\mu g \cdot g^{-1}$. Contenuto molto più elevato è presenti nei semi di lupino (350 $\mu g \cdot g^{-1}$).

In piante accumulatrici (*Ericaceae* e *Theaceae*) si arriva anche a 1000-1500 $\mu g \cdot g^{-1}$.

Svolge funzioni catalitiche, è cofattore di enzimi necessari per l'attivazione dei processi di fotofosforilazione, è coinvolto nei meccanismi biochimici della respirazione (ciclo di Krebs), risulta necessario per la biosintesi di alcuni complessi vitaminici. **Antagonismo: Ca, Mg, Zn e Fe.**

➤ Lo zinco, assorbito dalle piante nelle forme ioniche Zn^{2+} , $(ZnCl)^+$, $[Zn(NH_3)_4]^{2+}$, $(ZnO_2)^{2-}$, è contenuto in quantità variabili da poche a diverse decine di $\mu g \cdot g^{-1}$. Molti funghi arrivano ad accumularne oltre 2000 $\mu g \cdot g^{-1}$. Quantità notevoli sono presenti nei pollini (da 1.1 a 15.9 mg · 100 g⁻¹). Si trova associato a numerosi enzimi (deidrogenasi, aldolasi, fosfatasi, isomerasi). La sua presenza è necessaria sia per l'attività catalitica sia per la stabilizzazione della struttura dell'enzima. Partecipa alla duplicazione del DNA e alla biosintesi del Trp. **Antagonismo: P e Fe.**

Effetti della carenza e dell'eccesso di manganese

Piante Mn-carenti manifestano:



Eccesso di Mn determina:



Effetti della carenza e dell'eccesso di zinco

Piante Zn-carenti manifestano:

- ✓ nelle foglie giovani comparsa di maculature internervali verde pallido, gialle, a volte bianche
- ✓ ridotto sviluppo vegetativo
- ✓ accorciamento degli internodi
- ✓ compromissione della fioritura e della produzione di semi
- ✓ apici radicali meno sviluppati



Eccesso di Zn determina:

- ✓ tossicità diretta
- ✓ carenza indotta di Fe
- ✓ tossicità per gli azotofissatori

I micronutrienti: ruolo nella pianta

- **Il rame** (Cu^+ , Cu^{2+}) è presente in quantità tra 3 e 25 $\mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$. Si ritrova nel sito attivo di oltre 30 enzimi. E' coinvolto nella biosintesi dell'acido indolacetico, nella riduzione dell'ossigeno a H_2O_2 e H_2O , nel trasporto di elettroni nei processi di respirazione e di fotosintesi. **Antagonismo: N, Zn e Fe.**
- **Il boro**, assorbito dalle piante come ione H_2BO_3^- , $(\text{HBO}_3)^{2-}$ $[\text{B}(\text{OH})_4]^-$, si trova nei tessuti vegetali in quantità comprese tra 2 e 200 $\mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$. Crucifere e Leguminose, che ne contengono più di 50 $\mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$ sono considerate piante accumulatrici. Concentrazioni notevoli sono presenti nei fiori. E' richiesto per la sintesi del DNA e per la divisione cellulare. E' necessario per il trasferimento degli zuccheri nella pianta. Ha effetto sulla nutrizione azotata, influenzando sulla nodulazione delle leguminose, è coinvolto nei processi di fioritura e di fruttificazione. **Sinergia: K, N. Antagonismo: Ca, Mg, Mn, Zn e Fe.**

Effetti della carenza e dell'eccesso di rame

Piante Cu-carenti manifestano:

- ✓ nelle foglie giovani comparsa di colorazione verde-bluastro
- ✓ clorosi e macchie necrotiche periferiche
- ✓ alterato profilo amminoacidico
- ✓ tessuti molli per ridotta lignificazione



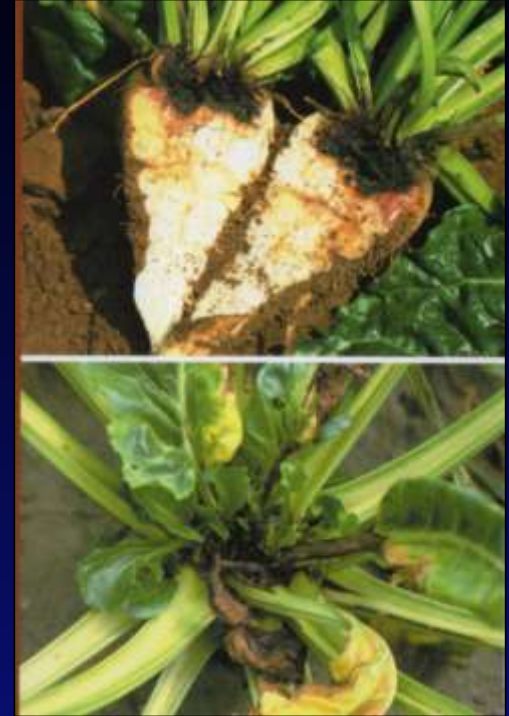
Eccesso di Cu determina:

- ✓ tossicità diretta
- ✓ carenza indotta di Fe e Zn

Effetti della carenza e dell'eccesso di boro

Piante B-carenti manifestano:

- ✓ ispessimento, fragilità e punteggiature necrotiche nelle foglie giovani
- ✓ morte della gemma apicale
- ✓ aumentata cascola fiorale
- ✓ allegagione ridotta
- ✓ accorciamento degli internodi
- ✓ necrosi, screpolature e deformazione di frutti e radici



Eccesso di B determina:

- ✓ tossicità diretta in suoli alcalini e salini
- ✓ clorosi e necrosi nelle foglie mature



I micronutrienti: ruolo nella pianta

Sinergia: N, P. Antagonismo: S, Cu e Mn.

➤ **Il molibdeno**, viene assorbito come MoO_4^{2-} , il contenuto nelle piante varia da 0.06 a $5 \mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$.

Nei semi di fava e fagiolo arriva a $50 \mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$.

Risulta essenziale per il metabolismo dell'azoto inorganico nei microrganismi azoto-fissatori, nitrificanti e denitrificanti.

Nelle piante superiori svolge azione nella riduzione dei nitrati.

➤ **Il cloro (Cl)** è contenuto in quantità comprese tra 4 e $1000 \mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$. Nelle piante accumulatrici o resistenti alla salsedine arriva anche a $50000 \mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$.

Nella fotosintesi, è necessario per la liberazione fotochimica dell'ossigeno dall'acqua. Contribuisce a mantenere l'equilibrio elettrochimico nelle cellule. In alcune piante è contro ione del potassio nel processo di apertura e chiusura degli stomi.

➤ **Il nichel**, riconosciuto essenziale nel 1987, viene assorbito come Ni^{2+} . Coinvolto nell'attività dell'ureasi, nella germinazione, soprattutto dei cereali, e nella biosintesi della prolina. Molto mobile nella pianta. Presente in forma disponibile nel suolo per eventi di pedogenesi o a seguito di addizione di fanghi e matrici organiche. In piante sensibili un accumulo di Ni può causare risposte di tossicità. **Competizione di assorbimento con Ca, Mg, Fe, Zn e Mn. Mitigazione della tossicità: N, K.**

Effetti della carenza e dell'eccesso di molibdeno

Piante Mo-carenti manifestano:

- ✓ decolorazione giallo-oro delle foglie mature
- ✓ clorosi diffusa
- ✓ riduzione dello sviluppo vegetativo
- ✓ sintomi da carenza di N



Eccesso di Mo determina:

- ✓ effetti indiretti sul bestiame
- ✓ foraggio ricco in Mo causa molibdenosi

I micronutrienti: disponibilità nel suolo

Quando le piante non sono più in grado di opporsi in qualche modo a condizioni di carenza occulta, appaiono evidenti i primi sintomi caratteristici di squilibrio nutrizionale.

Per la diagnosi delle carenze è necessaria specifica competenza tenuto conto che le sintomatologie non sono peculiari per le diverse colture.

Anche se l'apporto di adeguate quantità di ferro, manganese, zinco, rame, boro e molibdeno al suolo o alla pianta (applicazione fogliare) (Tabella 31.4) può essere di qualche vantaggio, non si realizza il massimo della produzione delle colture.

Analisi particolari consentono di valutare in modo accettabile le soglie di carenza in specifiche condizioni pedologiche (Tabella 31.5).

Tab. 31.4 - Trattamenti correttivi per risolvere fenomeni di carenza di alcuni micronutrienti (modificata da Vilain, 1987).

Micronutrienti	Trattamenti correttivi - Applicazione fogliare
Ferro	Chelato (EDTA) o ferro solfato [FeSO_4] (1,5%)
Manganese	Manganese solfato [MnSO_4] (500 g · 100 L di acqua)
Zinco	Zinco solfato [ZnSO_4] (1,5 kg · 100 L di acqua)
Rame	Rame ossicloruro [$3\text{CuO} \cdot \text{CuCl}_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$] (1,5 kg · 100 L di acqua)
Boro	Sodio pentaborato [$\text{Na}_2\text{B}_{10}\text{O}_{16} \cdot 10\text{H}_2\text{O}$] (200 g · 100 L di acqua)
Molibdeno	Sodio o ammonio molibdato [$\text{Na}_2\text{MoO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ o $(\text{NH}_4)_2\text{MoO}_4$] (2 g · 100 L di acqua)

I micronutrienti: disponibilità nel suolo

Tab. 31.5 - Accertamento analitico delle soglie di carenza di micronutrienti in specifiche condizioni pedoclimatiche.

Micronutrienti	Test analitici	Soglia di carenza
Ferro	Calcare attivo, induce del potere clorosante IPC)	Fenomeni di carenza si possono manifestare se il contenuto di calcare attivo è più elevato del 7% e il valore di IPC è maggiore di 60.
Manganese	Determinazione del contenuto di Mn disponibile: - NH ₄ OAc 1 N, pH 7 - HCl 0,05 N + H ₂ SO ₄ 0,025 N - DTPA + CaCl ₂ +TEA, pH 7,3	20 µg · g ⁻¹ se il valore è maggiore di 6,0.
Zinco	Determinazione del contenuto di Zn disponibile: - NH ₄ OAc 1 N, pH 7 - HCl 0,05 N + H ₂ SO ₄ 0,025 N - DTPA + CaCl ₂ +TEA, pH 7,3	3,3 µg · g ⁻¹ se il valore di pH è maggiore di 6,4.
Rame	Determinazione del contenuto totale di Cu	Da 7 a 8 µg · g ⁻¹ .
Boro	Determinazione del contenuto totale di B solubile in acqua	0,3 µg · g ⁻¹ .
Molibdeno	Determinazione del contenuto totale di Mo disponibile	0,1 µg · g ⁻¹ .

Contenuto di microelementi assimilabili (Fe, Mn, Cu, Zn)

Valutazione	Fe (mg kg ⁻¹)	Mn (mg kg ⁻¹)	Cu (mg kg ⁻¹)	Zn (mg kg ⁻¹)
Molto basso	< 2	< 1	< 0,2	< 0,5
Basso	2 - 5	1 - 3	0,2 - 1	0,5 - 1
Medio	6 - 20	4 - 20	2 - 10	2 - 10
Alto	21 - 50	21 - 50	11 - 20	11 - 20
Molto alto	> 50	> 50	> 20	> 20

(SISS, 2006)

I micronutrienti: disponibilità nel suolo

L'indice di disponibilità dei micronutrienti dà indicazioni sulla frazione potenzialmente utilizzabile dalle piante ed è valutato, per convenzione, in base all'efficacia di specifiche soluzioni estraenti scelte in funzione della correlazione tra contenuto di ciascun micronutriente nei tessuti vegetali e quantità dell'elemento rimovibile dal suolo.

Il grado di reazione del suolo rappresenta uno delle variabili più importanti nella valutazione della disponibilità dei micronutrienti.

Il contenuto di micronutrienti viene determinato analiticamente:

- in suoli non acidi mediante estrazione da suolo con soluzione di $DTPA/CaCl_2$ e TEA tamponata a pH 7.3 (metodo Lindsay e Norvell);
- in suoli acidi mediante estrazione da suolo con soluzione di $EDTA/CH_3COOH$ tamponata a pH 4.65 (metodo Lakanen ed Ervio);
- il B richiede un'estrazione con soluzione acquosa salina bollente.

Le soglie di carenza e di tossicità dei microelementi sono tra loro molto vicine e variano con il tipo di pianta.

I micronutrienti: diagnostica fogliare

Element	Sufficiency Ranges for Selected Crops				
	Corn ^a	Soybean ^b	Tomato ^c	Apple ^d	Pecan ^e
	----- % -----				
Nitrogen (N)	2.70-4.00	4.00-5.00	2.50-5.00	1.90-2.70	1.75-3.50
Phosphorus (P)	0.25-0.50	0.25-0.50	0.35-0.50	0.09-0.40	0.10-0.30
Potassium (K)	1.70-3.00	1.70-2.50	2.50-5.00	1.20-2.00	0.65-2.50
Calcium (Ca)	0.21-1.00	0.35-2.00	1.50-3.00	0.80-1.60	0.75-1.75
Magnesium (Mg)	0.20-1.00	0.25-1.00	0.150-1.00	0.25-0.45	0.25-0.30
Sulfur (S)	0.20-0.50	0.20-0.40	—	—	—
	----- mg/kg -----				
Boron (B)	5-25	20-55	25-100	25-50	30-75
Copper (Cu)	6-20	10-30	5-20	6-25	10-20
Iron (Fe)	20-250	50-350	60-300	50-300	75-200
Manganese (Mn)	20-200	20-100	40-150	25-200	50-400
Zinc (Zn)	25-100	20-50	25-75	20-100	25-120

^aear leaf taken at initial silk
^bmature leaves from new growth
^cend leaflet from recently mature leaf
^dmature leaves from new growth
^eleaflet pairs from new growth

(da J. Benton Jones, Jr., 2012)

La concentrazione del microelemento nei tessuti fogliari costituisce un utile indicatore dello stato di carenza dell'elemento.

L'intervallo di carenza (NCR) e di sufficienza varia con la fase fenologica. Concentrazioni fogliari critiche: 0.1 ppm (Mo), 0.2 ppm (Ni), 5 ppm (Cu), 20 ppm (B, Mn, Zn), 50 ppm (Fe).

I concimi contenenti i micronutrienti

Secondo la vigente normativa nazionale (d.lgs. 75/2010) e comunitaria (Reg. UE 2019/1009) si definisce:

PFC 1(C)(II): CONCIME INORGANICO A BASE DI MICROELEMENTI

1. Un concime inorganico a base di microelementi è un concime inorganico diverso dai concimi inorganici a base di macroelementi e destinato a fornire alle piante o ai funghi uno o più dei seguenti microelementi: boro (B), cobalto (Co), rame (Cu), ferro (Fe), manganese (Mn), molibdeno (Mo) o zinco (Zn).
2. I concimi a base di microelementi inorganici devono essere messi a disposizione dell'utilizzatore finale solo se confezionati.
3. I contaminanti presenti in un concime inorganico a base di microelementi non devono superare i valori limite seguenti:

Contaminante	Valori limite di contaminanti espressa in mg, in relazione al tenore totale di microelementi espresso in kg [mg/kg del tenore totale di microelementi, ossia boro (B), cobalto (Co), rame (Cu), ferro (Fe), manganese (Mn), molibdeno (Mo) e zinco (Zn)]
Arsenico (As)	1 000
Cadmio (Cd)	200
Piombo (Pb)	600
Mercurio (Hg)	100
Nichel (Ni)	2 000

I concimi contenenti i micronutrienti

I micronutrienti possono essere somministrati come sali inorganici (generalmente solfati) solubili. Oppure come composti organici sotto forma di chelati (con un chelante), o di complessati (con un complessante), al fine di:

- ✓ proteggere il microelemento dalla insolubilizzazione
- ✓ facilitare l'assorbimento del microelemento per via fogliare o radicale

3. Qualora la sostanza o una delle sostanze nella miscela sia destinata a potenziare la disponibilità a lungo termine di microelementi per le piante nel prodotto fertilizzante dell'UE, tale sostanza deve essere un agente chelante o un agente complessante, e si applicano le norme di seguito indicate.

a) L'agente chelante è una sostanza organica che consiste in una molecola che

- i) possiede due o più siti che cedono coppie di elettroni a un catione di metallo di transizione in posizione centrale [zinco (Zn), rame (Cu), ferro (Fe), manganese (Mn), magnesio (Mg), calcio (Ca) o cobalto (Co)]; e
- ii) è sufficientemente grande da formare una struttura a ciclo penta-atomica o esa-atomica.

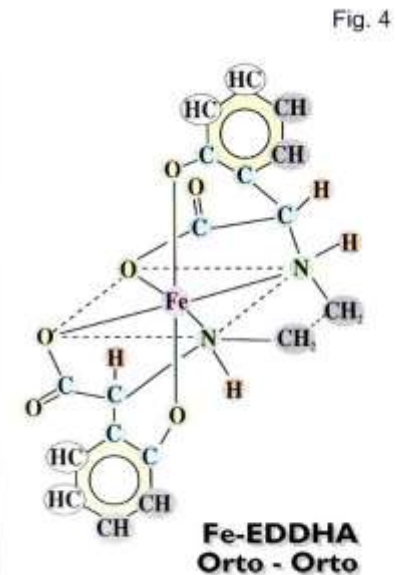
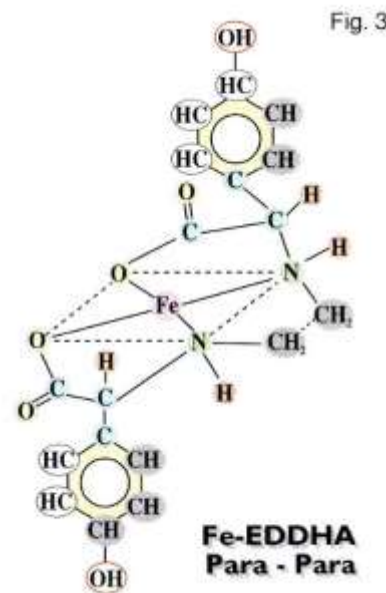
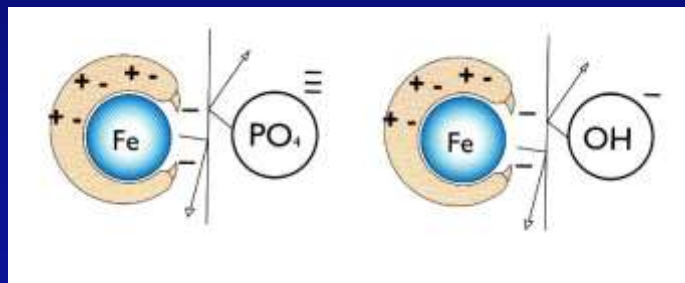
Il prodotto fertilizzante dell'UE deve rimanere stabile in una soluzione di Hoagland standard con pH 7 e 8 per almeno 3 giorni.

b) L'agente complessante è una sostanza organica che forma una struttura piana o sterica con un catione di metallo di transizione bi- o trivalente [zinco (Zn), rame (Cu), ferro (Fe), manganese (Mn) o cobalto (Co)].

Il prodotto fertilizzante dell'UE deve rimanere stabile in una soluzione acquosa con pH 6 e 7 per almeno 1 giorno.

I concimi contenenti i micronutrienti

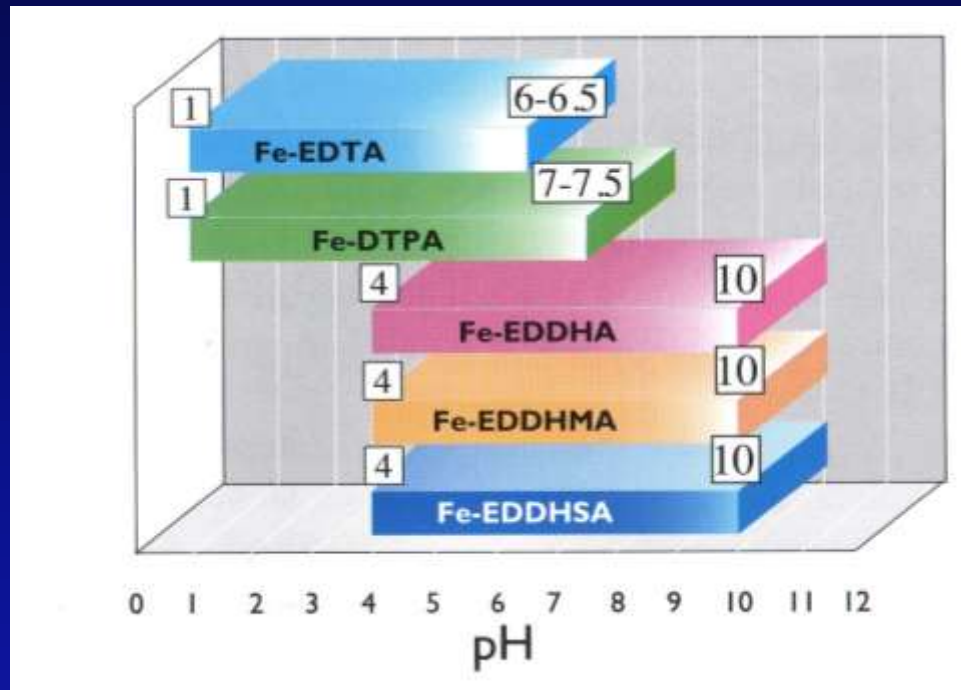
Col termine chelati introdotto nella chimica dei composti di coordinazione si indicano quelle strutture molecolari cicliche formate da molecole o ioni che si coordinano con atomi metallici mediante la formazione di un legame di coordinazione semplice, doppi, o triplo (legandi bi-, tri-, tetracoordinanti, ecc..).



I concimi contenenti i micronutrienti

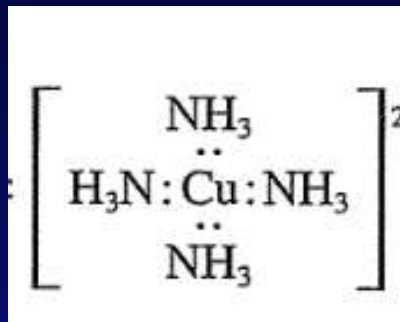
Tabella 65. Agenti chelanti previsti dalla vigente normativa. È ammesso l'impiego sia degli acidi indicati in tabella che dei relativi sali di sodio, di potassio o di ammonio.

Agente chelante	Sigla	Formula
Acido etilendiammino-N-N'-bis (2-idrossi-5-sulfo) fenilacetico	EDDHSA	$C_{18}H_{20}O_{12}N_2S_2$
Acido etilendiamminotetraacetico	EDTA	$C_{10}H_{16}O_8N_2$
Acido dietilentriamminopentaacetico	DTPA	$C_{14}H_{23}O_{10}N_3$
Acido etilendiammino-di-(<i>o</i> -idrossifenilacetico)	EDDHA	$C_{18}H_{20}O_6N_2$
Acido idrossi-2-etilendiamminotriacetico	HEDTA	$C_{10}H_{18}O_7N_2$
Acido etilendiammino-di-(<i>o</i> -idrossi- <i>p</i> -metilfenil) acetico	EDDHMA	$C_{20}H_{24}N_2O_6$
Acido etilendiammino-di-(5-carbossi-2-idrossifenil) acetico	EDDCHA	$C_{20}H_{20}O_{10}N_2$



I concimi contenenti i micronutrienti

I composti di coordinazione, detti anche complessi, sono composti chimici in cui un atomo o ione metallico "coordina", cioè lega direttamente a sé, un certo numero di molecole neutre o ioni negativi, detti leganti.



Complessanti sono:

- ✓ Acido ligninsolfonico e suoi sali di ammonio
- ✓ Frazioni umiche e loro sali
- ✓ Idrolizzati di proteine animali e vegetali
- ✓ Estratto vegetale contenente tannini

I concimi contenenti i micronutrienti

SOLUBLE FERTILIZER

**CONCIME CE
CONCIME NPK 20.20.20 con MICROELEMENTI
OTTENUTO PER MISCELAZIONE
A BASSO TENORE DI CLORO
COMPOSIZIONE IN PERCENTUALE IN PESO SUL TAL QUALE:**

AZOTO (N) Totale	20%
di cui: nitrico	6%
ammoniacale	4%
ureico	10%
Anidride Fosforica (P2O5) solubile in citrato ammonico neutro e acqua	20%
di cui: solubile in acqua	20%
Ossido di Potassio (K2O) solubile in acqua	20%
Boro (B) solubile in acqua	0,01%
Rame (Cu) chelato con EDTA solubile in acqua	0,002%
Ferro (Fe) chelato con EDTA solubile in acqua	0,02%
Manganese (Mn) chelato con EDTA solubile in acqua	0,01%
Molibdeno (Mo) solubile in acqua	0,001%
Zinco (Zn) chelato con EDTA solubile in acqua	0,002%
Agente chelante: EDTA. Intervallo di stabilità del chelato (pH): 4,0-9,0	

CARATTERISTICHE
Concime totalmente solubile in acqua da altissima concentrazione di macroelementi in rapporto 1:1:1. L'AZOTO si trova nelle tre forme (Nitrica, Ammoniacale ed Ureica) per consentire una alimentazione azotata graduale. Il FOSFORO, in forma totalmente solubile in acqua, è prontamente assimilabile dalle colture. Il POTASSIO, derivato da nitrato, è totalmente esente da cloruri e rappresenta la migliore forma di nutrimento per tutte le colture che necessitano di questo importantissimo elemento. I MICROELEMENTI chelati con EDTA completano il quadro nutrizionale.

MODALITÀ E DOSI D'IMPIEGO: (Per colture ortive)
Utilizzare 8-12 kg di MAXI-FEED per 1000 mq di terreno. È possibile ripetere il trattamento ogni 8-10 giorni secondo necessità.
USARE SOLO IN CASO DI BISOGNO RICONOSCIUTO - NON SUPERARE LE DOSI APPROPRIATE
La società Pavani&C Spa risponde solo della composizione del prodotto. Non si assume in alcun caso responsabilità in caso di uso errato dello stesso.

PESO NETTO Kg. 25

Do not vendarsi sfuso

Maxi-Feed
SOLUBLE FERTILIZER

SEQUELANE Fe 64.8

CONCIME CE - CHELATO DI FERRO (o,o) EDDHA - (o,p)EDDHA
CONSENTITO IN AGRICOLTURA
BIOLOGICA

CONCIME CE - CHELATO DI FERRO
(o,o)EDDHA - (o,p)EDDHA
CONSENTITO IN AGRICOLTURA BIOLOGICA

COMPOSIZIONE (g/g)

Ferro (Fe) totale in acqua	6,2%
Ferro (Fe) chelato (o,o) EDDHA (o,o)	5,0%
Ferro (Fe) chelato (o,p) EDDHA (o,p)	4,8%
Ferro (Fe) chelato con EDTA (o,p)	1,2%

Intervallo di pH per garantire buona stabilità della funzione chelata: 4-9
Materia solida: Sali minerali di ferro e sali dell'acido EDDHA

FORMULAZIONE:
miscelazione

Da utilizzare soltanto in caso di bisogno riconosciuto. Non superare le dosi appropriate.

CARATTERISTICHE
Sequelane Fe 64.8 è un concime liquido indicato per la cura e la prevenzione della clorosi ferrica.
Grazie all'innovativa struttura dell'agente chelante (EDDHA) in presenza uno-otto o otto-otto, il prodotto è studiato per garantire la persistenza di azione in ogni fase di terreno.

MODALITÀ E DOSI D'IMPIEGO
Sequelane Fe 64.8 è un concime liquido indicato per la cura e la prevenzione della clorosi ferrica.
Grazie all'innovativa struttura dell'agente chelante (EDDHA) in presenza uno-otto o otto-otto, il prodotto è studiato per garantire la persistenza di azione in ogni fase di terreno.

MODALITÀ E DOSI D'IMPIEGO
Sequelane Fe 64.8 è un concime liquido indicato per la cura e la prevenzione della clorosi ferrica.
Grazie all'innovativa struttura dell'agente chelante (EDDHA) in presenza uno-otto o otto-otto, il prodotto è studiato per garantire la persistenza di azione in ogni fase di terreno.

AVVERTENZE
In caso di sovrinquinamento del prodotto o in caso di utilizzo scorretto, si sconsiglia l'uso. In caso di sovrinquinamento del prodotto, si sconsiglia l'uso. In caso di sovrinquinamento del prodotto, si sconsiglia l'uso.

PESO NETTO Kg 25 (5 pz da 5 kg)

Lotto: 1312291913 CODICE B06751-002

DiAgro