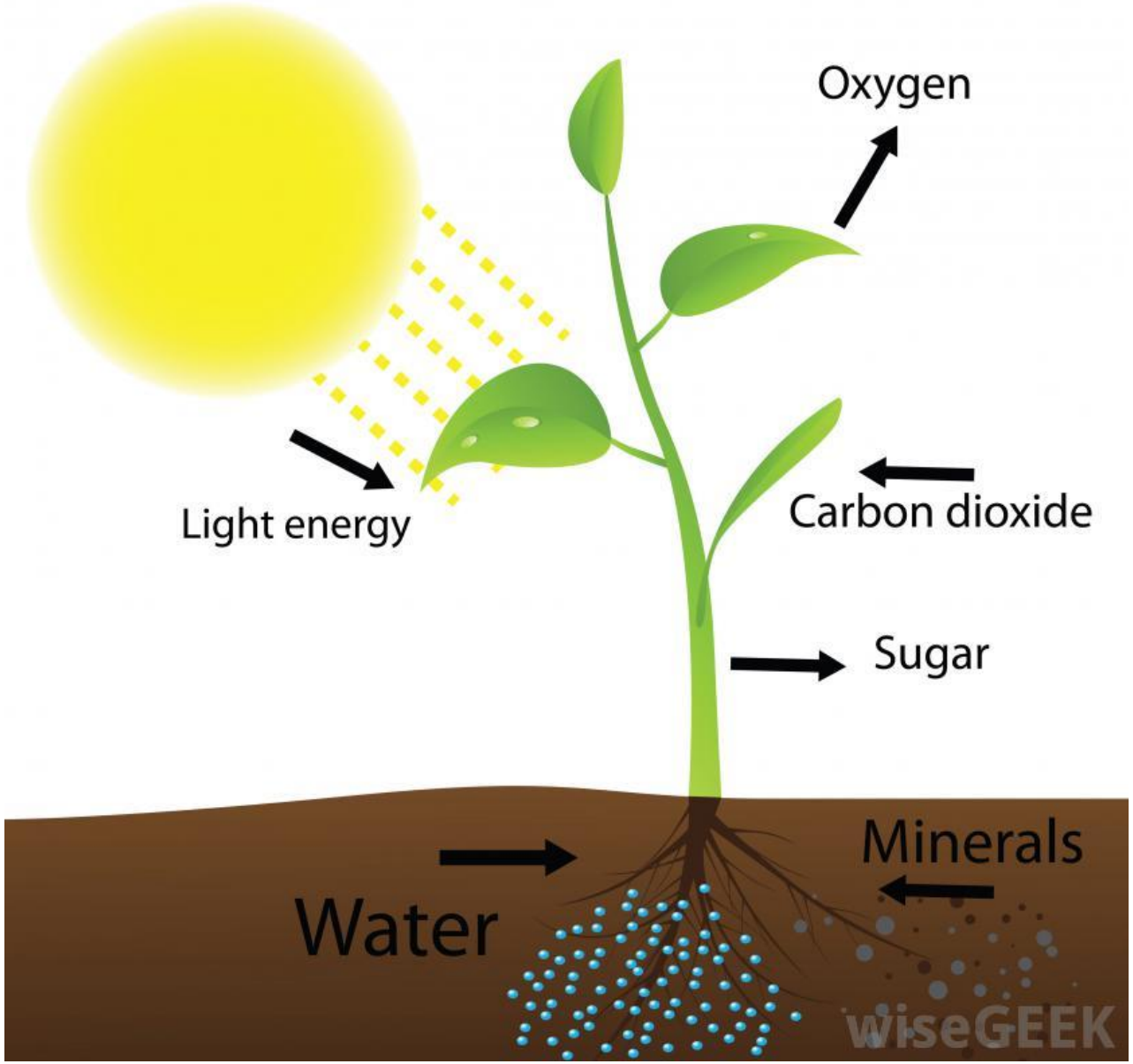
Piante e nutrienti inorganici


Oxygen
Light energy
Carbon dioxide
Sugar
Water
Minerals
wiseGEEK

Nutrizione minerale:

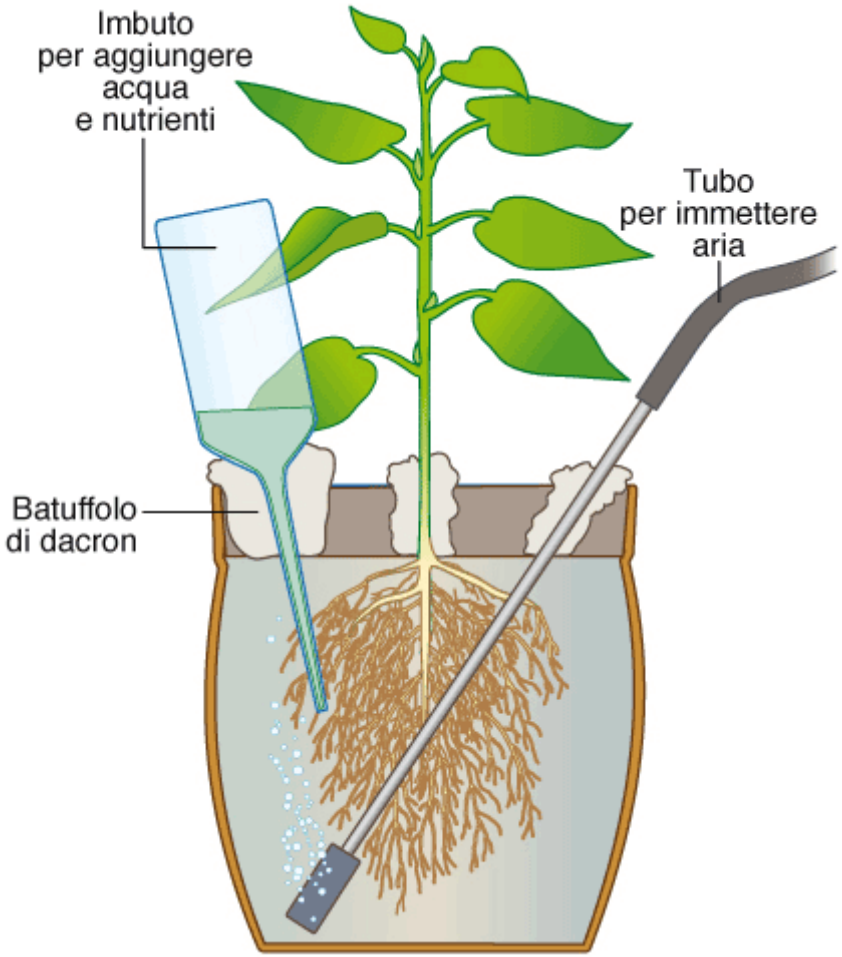
assunzione dei nutrienti minerali da parte delle piante

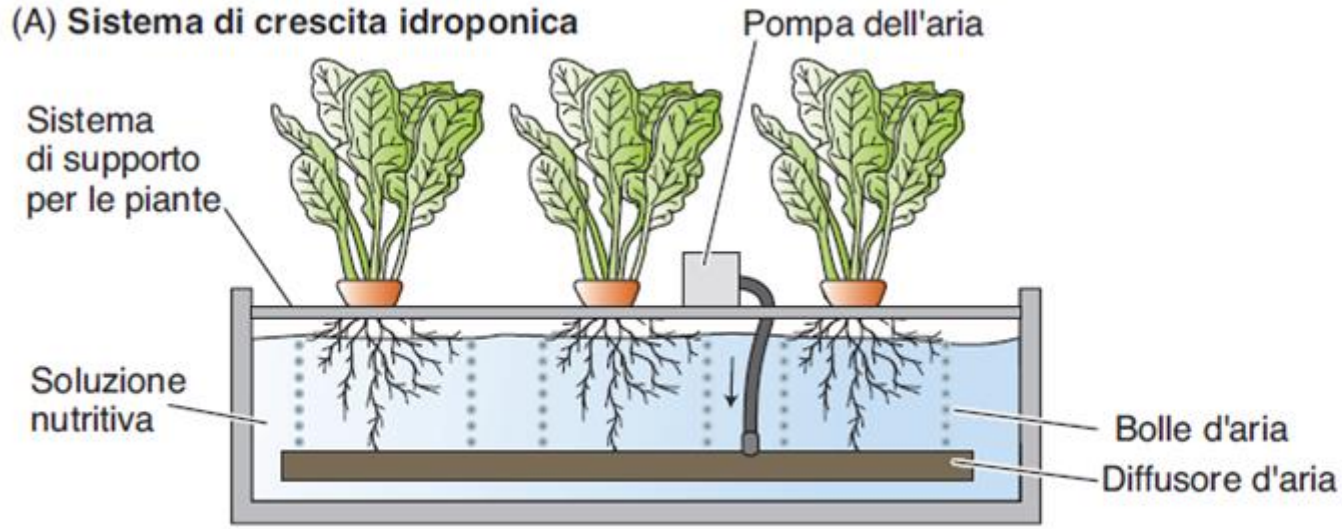
- Meccanismi di acquisizione
- Processi regolativi

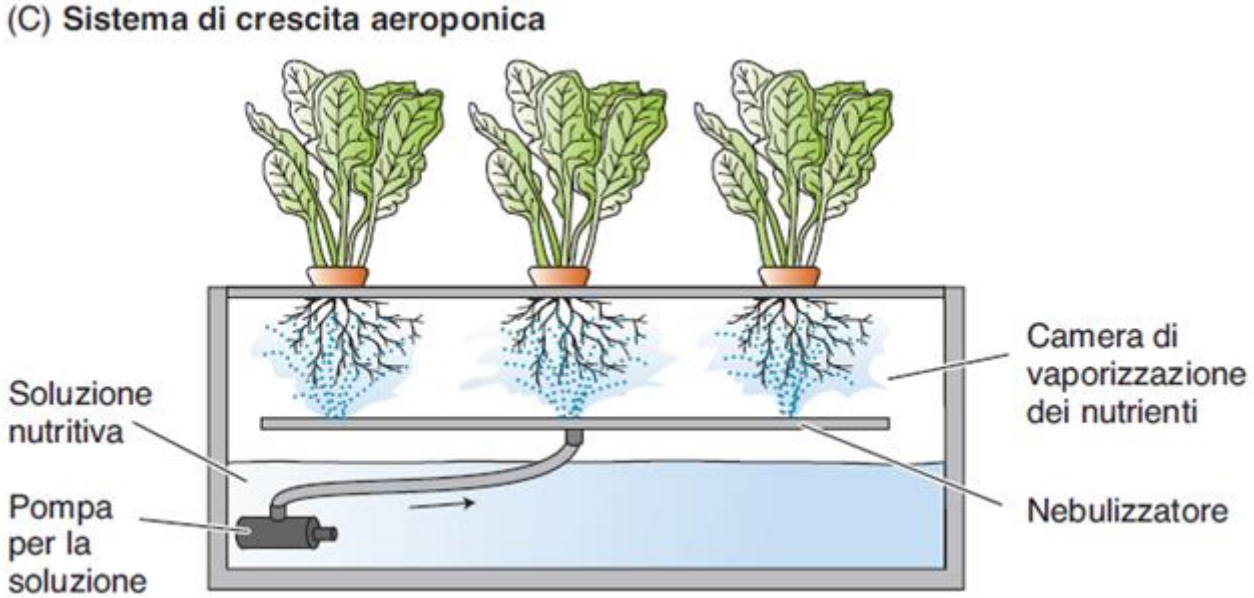
Sito principale di assorbimento dei nutrienti minerali: le radici
(in parte minoritaria, anche le foglie)

Elemento essenziale: elemento la cui assenza impedisce il completamento del ciclo biologico (sviluppo, riproduzione) della pianta. Svolge funzioni metaboliche specifiche e indispensabili.

Coltura idroponica







1- Classificazione quantitativa: macro- e micronutrienti

Gli elementi essenziali vengono classificati in:

- Macronutrienti: elementi richiesti in notevole quantità

- Micronutrienti (o elementi in traccia): elementi richiesti in tracce o piccole quantità

1- Classificazione quantitativa: macro- e micronutrienti

TABELLA 12.4 Gli elementi nutritivi essenziali per le piante superiori e loro concentrazioni considerate adeguate per una normale crescita

Elemento	Simbolo chimico	Forma disponibile	Concentrazione nella sostanza secca (mmol/Kg)
Macronutrienti			
Idrogeno	H	H_2O	60 000
Carbonio	C	CO_2	40 000
Ossigeno	O	O_2, CO_2	30 000
Azoto	N	NO_3^-, NH_4^+	1000
Potassio	K	K^+	250
Calcio	Ca	Ca^{2+}	125
Magnesio	Mg	Mg^{2+}	80
Fosforo	P	HPO_4^-, HPO_4^{2-}	60
Zolfo	S	SO_4^{2-}	30
Micronutrienti			
Cloro	Cl	Cl^-	3,0
Boro	B	BO_3^{3-}	2,0
Ferro	Fe	Fe^{2+}, Fe^{3+}	2,0
Manganese	Mn	Mn^{2+}	1,0
Zinco	Zn	Zn^{2+}	0,3
Rame	Cu	Cu^{2+}	0,1
Nichel	Ni	Ni^{2+}	0,05
Molibdeno	Mo	MoO_4^{2-}	0,001

Nutrienti minerali

Elementi benefici:

Sodio (es. *Atriplex vescicaria*, piante C4 e CAM)

Silicio (es. *Zea mays*, *Equisetum* sp.)

Cobalto (es. leguminose in simbiosi con batteri azoto-fissatori)

Anche elementi non essenziali (es. Al) possono essere accumulati in notevole quantità da alcune piante (iperaccumulatrici)

2- Classificazione sulla base delle funzioni biochimiche e fisiologiche dei nutrienti essenziali: 4 gruppi

Gruppo 1	Nutrienti che costituisco i composti organici vegetali
N	Costituenti di amminoacidi, ammidi, proteine, acidi nucleici, nucleotidi, coenzimi, esoammine ecc.
S	Componente di cisteina, cistina, metionina e delle proteine. Costituente di acido lipoico, coenzima A, tiammina pirofosfato, glutatione, biotina, adenosina-5'-fosfato e 3-fosfoadenosina.

Assimilati tramite reazioni di ossido-riduzione, per formare legami covalenti con il carbonio e incorporarli nei composti organici

Gruppo 2	Nutrienti importanti per l'accumulo dell'energia o per l'integrità strutturale
P	Componente di zuccheri fosfati, acidi nucleici, nucleotidi, coenzimi, fosfolipidi, acido fitico ecc. Ha un ruolo fondamentale nelle reazioni in cui è coinvolta l'ATP.
Si	È depositato nelle pareti cellulari sotto forma di silice amorfo. Contribuisce alle proprietà meccaniche della parete cellulare, comprese rigidità ed elasticità.
B	Complessa con mannitolo, mannano, acido polimannuronico e altri costituenti di pareti cellulari. È coinvolto nel processo di allungamento cellulare e nel metabolismo degli acidi nucleici.

Presenti nelle piante come fosfati, silicati, borati

Gruppo 3	Nutrienti che rimangono nella forma ionica
K	Richiesto come cofattore da più di 40 enzimi. Catione principale per l'ottenimento del turgore cellulare e per il mantenimento dell'elettroneutralità cellulare.
Ca	Costituente della lamella mediana nelle pareti cellulari. Richiesto come cofattore da alcuni enzimi coinvolti nell'idrolisi di ATP e di fosfolipidi. Agisce come secondo messaggero nella regolazione metabolica.
Mg	Richiesto da numerosi enzimi coinvolti nel trasferimento del fosfato. Costituente della molecola di clorofilla.
Cl	Richiesto per le reazioni fotosintetiche coinvolte nello sviluppo di O_2.
Mn	Richiesto per l'attività di alcune deidrogenasi, decarbossilasi, chinasi, ossidasi e perossidasi. Prende parte a processi enzimatici attivati da cationi e nello sviluppo di O_2.
Na	Coinvolto nella rigenerazione del fosfoenolpiruvato nelle piante C_4 e CAM. Sostituto del potassio in certe funzioni.

Disciolti nelle soluzioni cellulari o legati elettrostaticamente a componenti strutturali (es. pectine di parete) o enzimatici (co-fattori). Ruolo anche nell'osmoregolazione.

Gruppo 4	Nutrienti coinvolti nelle reazioni redox
Fe	Costituente di citocromi e ferro proteine non emiche coinvolte nel processo fotosintetico, nella fissazione dell'N_2 e nella respirazione.
Zn	Costituente dell'alcool deidrogenasi, della glutammato deidrogenasi, della carbonato anidrasi ecc.
Cu	Componente di ascorbato ossidasi, tirosinasi, monoammina ossidasi, uricasi, citocromo ossidasi, fenolasi, laccasi e plastocianina.
Ni	Costituente dell'ureasi. Presente nei batteri azoto-fissatori come costituente dell'idrogenasi.
Mo	Costituente della nitrogenasi, della nitrato reduttasi e della xantina deidrogenasi.

Metalli coinvolti in reazioni di ossidoriduzione (comprese catene di trasporto degli elettroni)

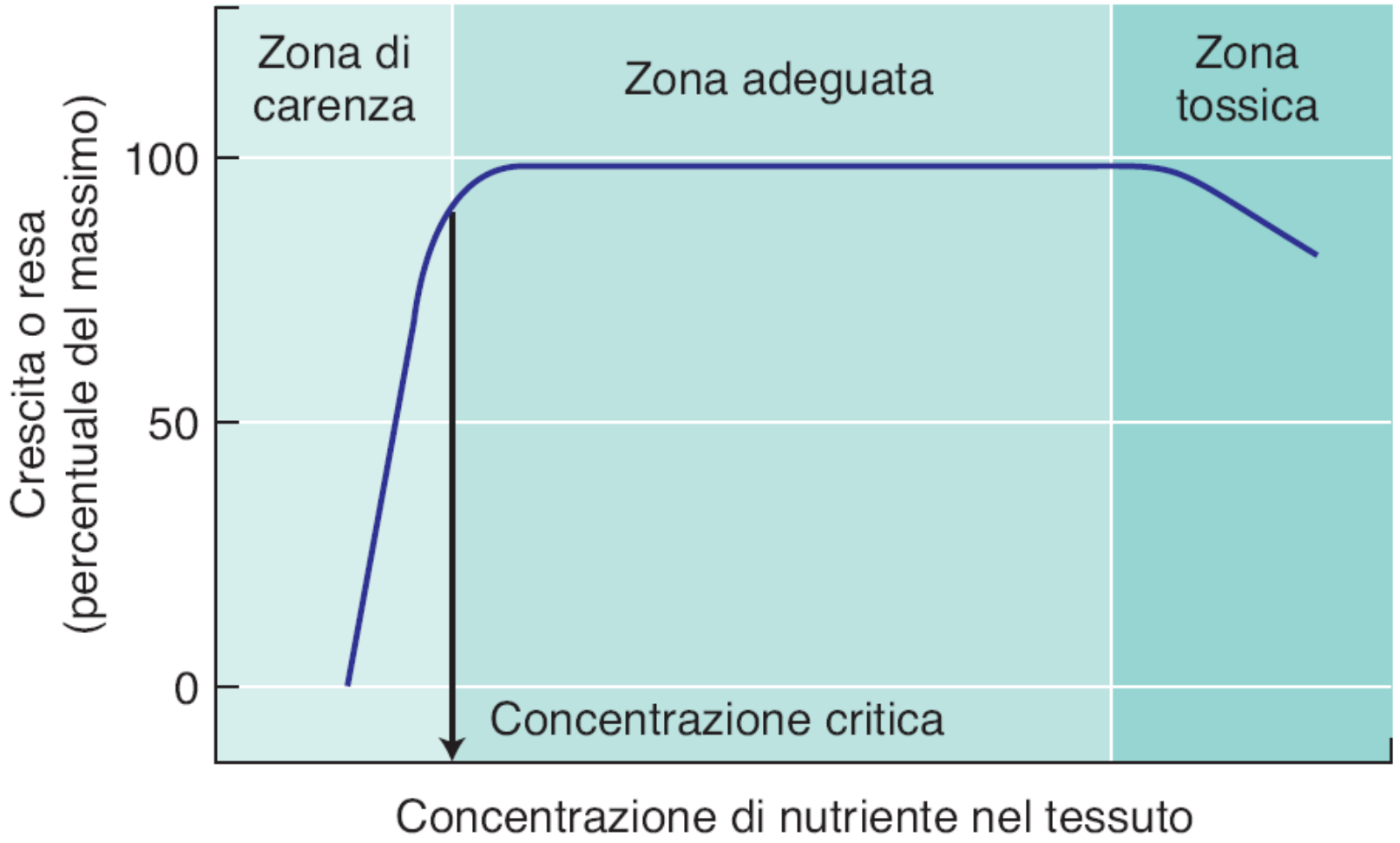

Zona di carenza
Zona adeguata
Zona tossica
Crescita o resa (percentuale del massimo)
100
50
0
Concentrazione critica
Concentrazione di nutriente nel tessuto

TABELLA 5.4
Elementi minerali classificati in base alla loro mobilità nella pianta e alla loro tendenza ad essere rimossi durante gli stati di carenza

Mobile	Immobile
Azoto	Calcio
Potassio	Zolfo
Magnesio	Ferro
Fosforo	Boro
Cloro	Rame
Sodio	
Zinco	
Molibdeno	

Nota: Gli elementi sono elencati secondo la loro abbondanza nella pianta.

TABLE 36.1

Mineral Elements Required by Plants

ELEMENT	ABSORBED FORM	MAJOR FUNCTIONS
MACRONUTRIENTS		
Nitrogen (N)	NO_3^- and NH_4^+	In proteins, nucleic acids, etc.
Phosphorus (P)	$H_2PO_4^-$ and HPO_4^{2-}	In nucleic acids, ATP, phospholipids, etc.
Potassium (K)	K^+	Enzyme activation; water balance; ion balance; stomatal opening
Sulfur (S)	SO_4^{2-}	In proteins and coenzymes
Calcium (Ca)	Ca^{2+}	Affects the cytoskeleton, membranes, and many enzymes; second messenger
Magnesium (Mg)	Mg^{2+}	In chlorophyll; required by many enzymes; stabilizes ribosomes
MICRONUTRIENTS		
Iron (Fe)	Fe^{2+} and Fe^{3+}	In active site of many redox enzymes and electron carriers; chlorophyll synthesis
Chlorine (Cl)	Cl^-	Photosynthesis; ion balance
Manganese (Mn)	Mn^{2+}	Activation of many enzymes
Boron (B)	$B(OH)_3$	Possibly carbohydrate transport (poorly understood)
Zinc (Zn)	Zn^{2+}	Enzyme activation; auxin synthesis
Copper (Cu)	Cu^{2+}	In active site of many redox enzymes and electron carriers
Nickel (Ni)	Ni^{2+}	Activation of one enzyme
Molybdenum (Mo)	MoO_4^{2-}	Nitrate reduction

***LIFE 8e*, Table 36.1**

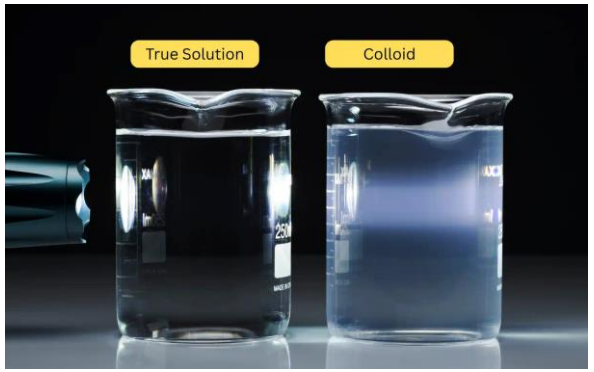
LIFE: THE SCIENCE OF BIOLOGY, Eighth Edition © 2007 Sinauer Associates, Inc. and W. H. Freeman & Co.

Gli elementi essenziali sono assorbiti in forma ionica

Quindi, per tutti gli elementi essenziali sono necessari sistemi di trasporto di membrana

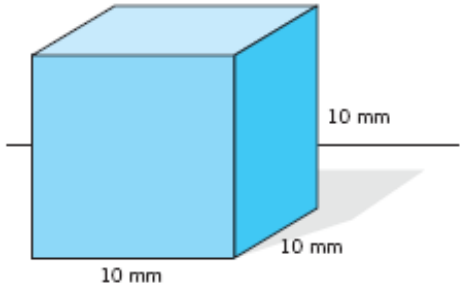
Colloidi nel suolo

- Argille: particelle inorganiche del suolo, contengono alluminati e silicati (Al^{3+} o Si^{4+} legati ad atomi di O). Cationi di valenza inferiore possono sostituire Al o Si e le particelle diventano cariche negativamente.
- Particelle organiche del suolo (humus), cariche negative dovute ai gruppi carbossilici ed idrossilici esposti alla superficie



Effetto Tyndall

Area specifica superficiale= 600 $mm^2\ g^{-1}$



Area specifica superficiale= 6000000 $mm^2\ g^{-1}$

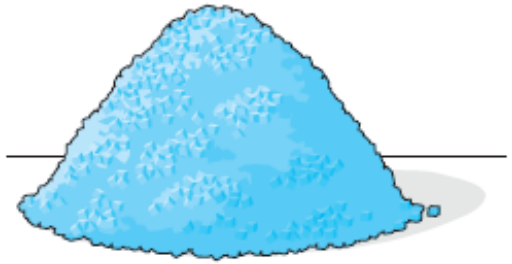


FIGURA 13.1 Le particelle di dimensioni colloidali hanno una grande superficie per unità di massa, o area specifica superficiale.

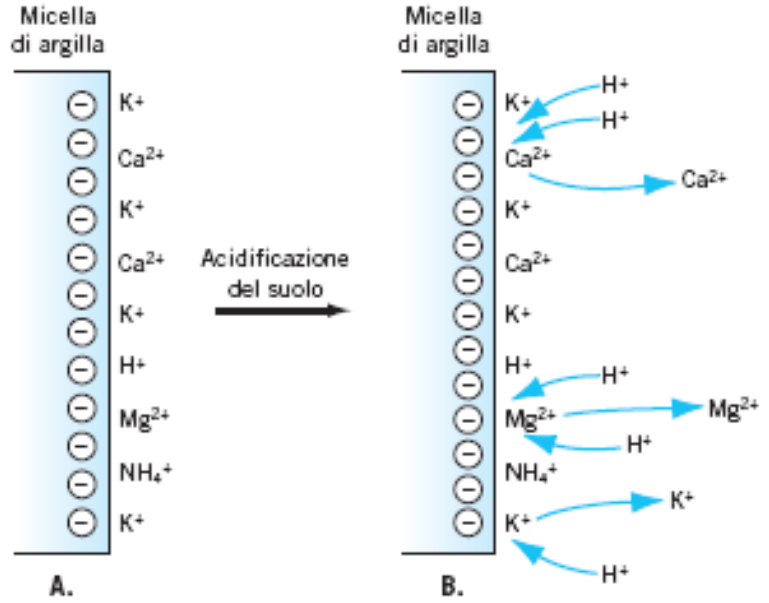


FIGURA 13.2 Scambio ionico nel suolo. (*A*) I cationi sono adsorbiti, per attrazione elettrostatica, dalle particelle cariche negativamente. (*B*) L'acidificazione del suolo aumenta la concentrazione di ioni idrogeno che, avendo una forte attrazione per le cariche colloidali superficiali, spostano gli altri cationi liberandoli nella soluzione del terreno.

Colloidi nel suolo

TABELLA 5.5
Confronto fra le proprietà di tre principali tipi di argille di silicato presenti nel suolo

	Tipo di argilla		
Proprietà	**Montmorillonite**	**Illite**	**Caolinite**
Grandezza (μm)	0,01-1,0	0,1-2,0	0,1-5,0
Forma	Fiocchi irregolari	Fiocchi irregolari	Cristalli esagonali
Coesione	Alta	Media	Bassa
Capacità di rigonfiamento nell'acqua	Alta	Media	Bassa
Capacità di scambio di cationi (milliequivamlenti 100 g^{-1})	80-100	15-40	3-15

Nota: un milliequivalente è la millesima parte del peso atomico di uno ione (espresso in g) diviso il numero di cariche elettriche presenti nello ione stesso. Quindi, 1 meq/l contiene sempre lo stesso numero di ioni.

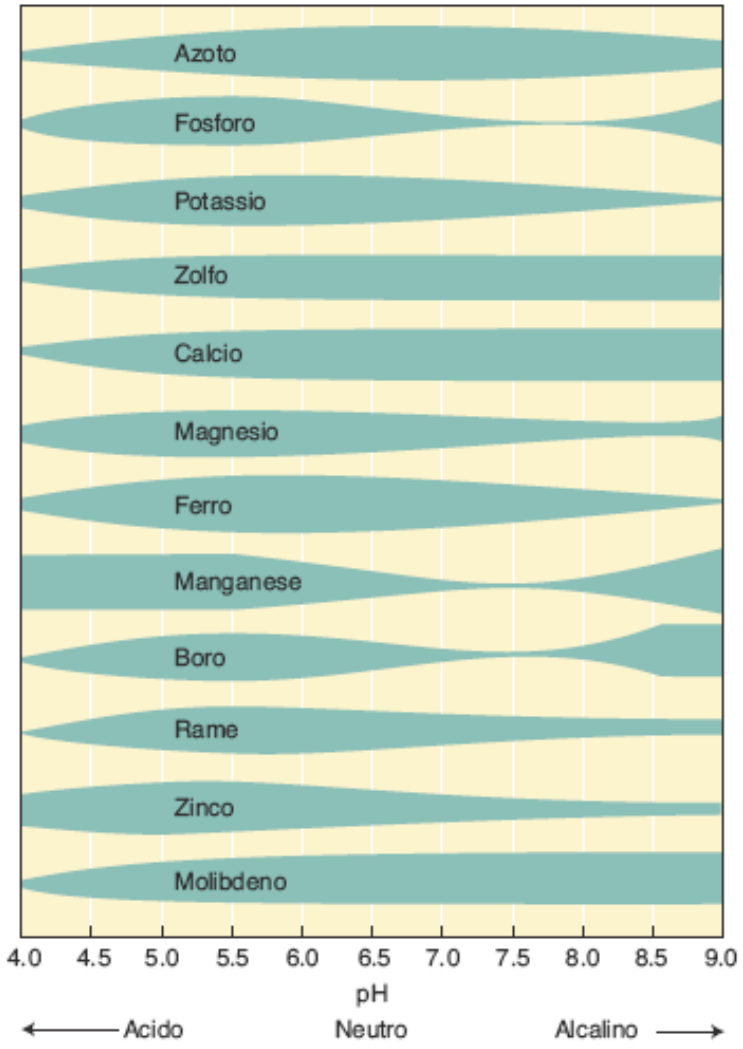


Figura 5.4 Effetto del pH del suolo sulla disponibilità degli elementi nutritivi nei suoli organici. L'ampiezza delle aree ombreggiate indica il grado di disponibilità per la radice della pianta dell'elemento nutritivo. Tutti questi nutrienti sono disponibili nella gamma di pH da 5,5 a 6,5. (Da Lucas e Davis 1961).

Disponibilità di un nutriente per le radici dipende da:

- Concentrazione
- Solubilità e mobilità del nutriente (per molti nutrienti dipendono soprattutto dal pH del suolo)

Le interazioni con le componenti del suolo (v. adsorbimento su particelle colloidali) influenzano la mobilità

Assorbimento radicale

TABELLA 13.2 Assorbimento e traslocazione di potassio e calcio in funzione della posizione lungo una radice di mais

Zona di applicazione[1]	Ione	Totale assorbito[2]	Percentuale trattenuta	Percentuale traslocata a:	
				Apice radice	Germoglio
0-3	K^+	15,3	75	–	25
	Ca^{2+}	6,3	63	–	37
6-9	K^+	22,7	17	19	64
	Ca^{2+}	3,8	42	–	58
12-15	K^+	19,5	10	10	80
	Ca^{2+}	2,8	14	–	86

[1] Distanza dall'apice della radice in cm.
[2] Assorbimento espresso come microequivalenti per 24 ore. (Basato su dati di H. Marschner e C. Richter, 1973, Z. Pflenzenernaehe, Bodenkd, 135:1-15.)

I soluti assorbiti a livello dell'apice vengono trattenuti nell'apice

I soluti assorbiti a 6-15 cm di distanza dall'apice vengono traslocati sia verso l'apice radicale che verso il germoglio

La zona preferenziale di assorbimento dipende dalla specie e dal nutriente

Calcio

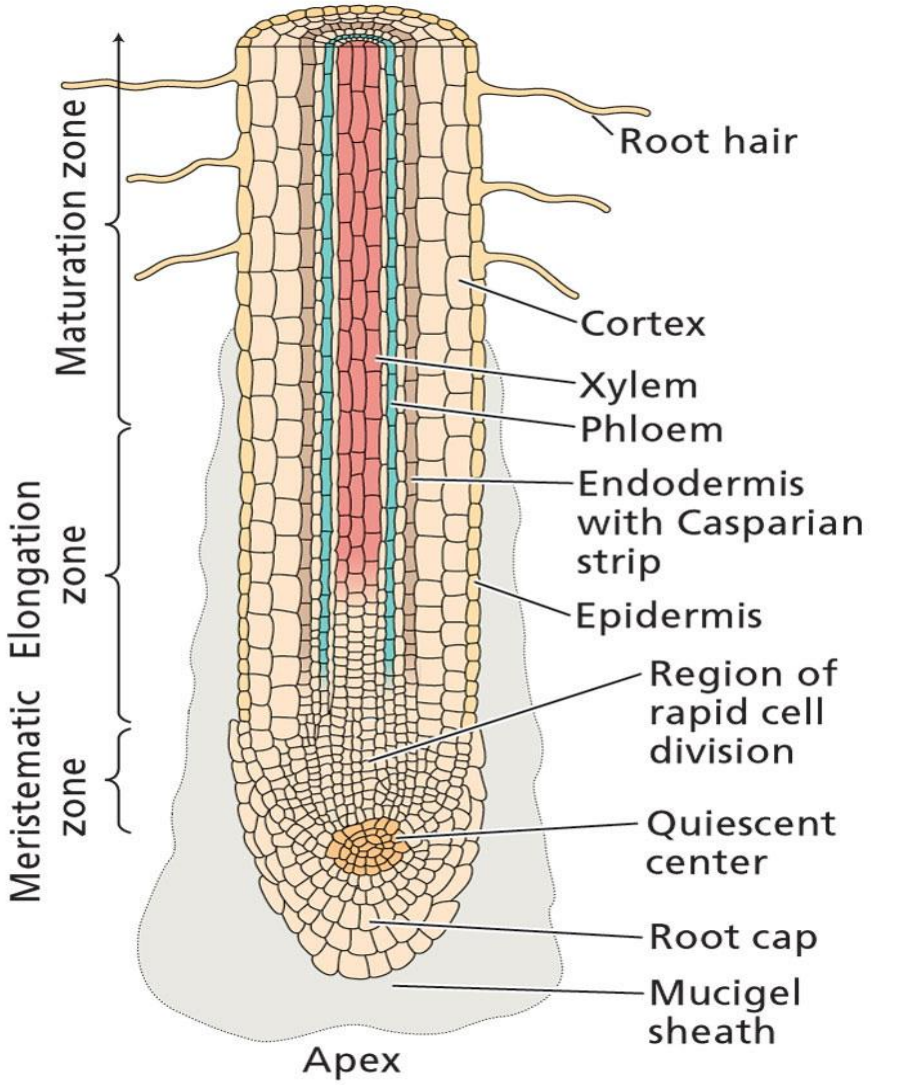
- Regione apicale

Ferro

- Regione apicale (orzo)
- Tutta la radice (mais)

Potassio, nitrato, ammonio, fosfato

- Tutta la radice, ma:
- Nel mais, la zona di allungamento ha il massimo assorbimento di potassio e nitrato
- In mais e riso, l'apice radicale assorbe ammonio più velocemente della zona di allungamento
- In molte specie, i peli radicali sono più attivi nell'assorbimento di fosfato



PLANT PHYSIOLOGY, Third Edition, Figure 5.8 © 2002 Sinauer Associates, Inc.

Zona di esaurimento:

Varia da un nutriente all'altro (solubilità e mobilità)

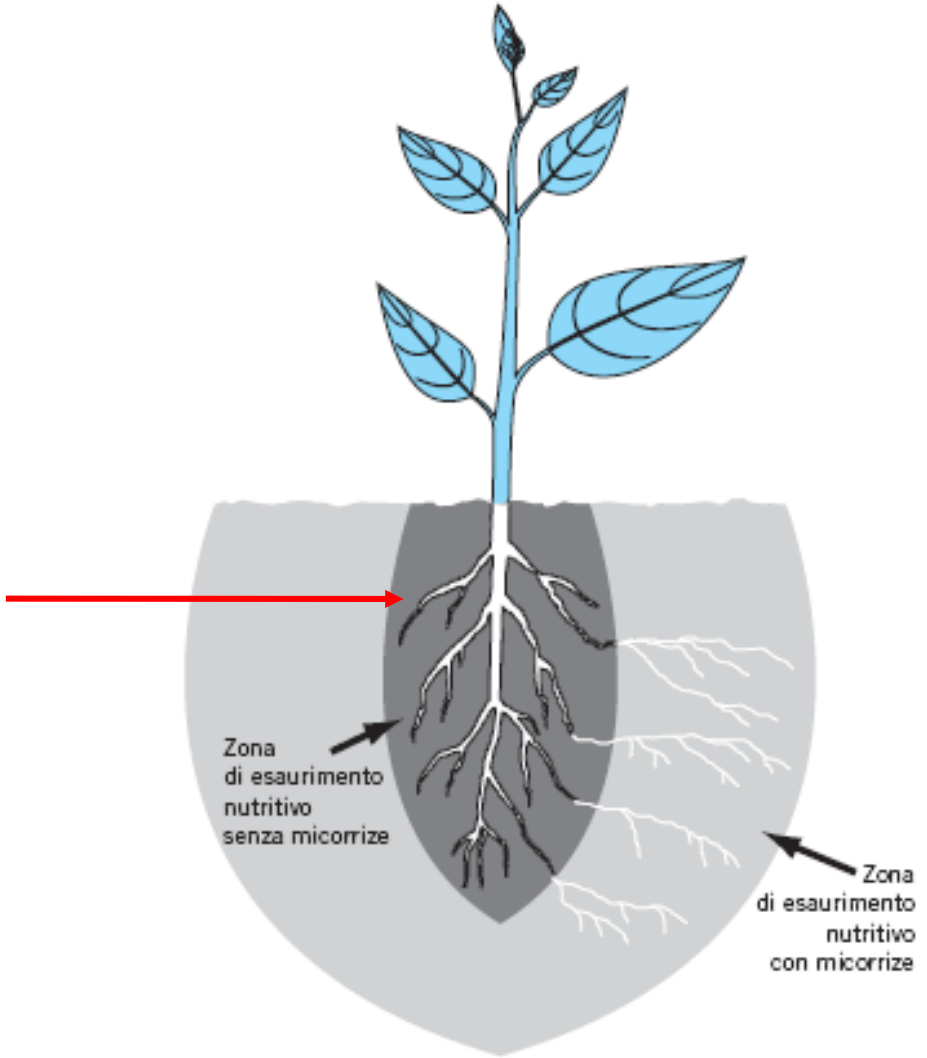
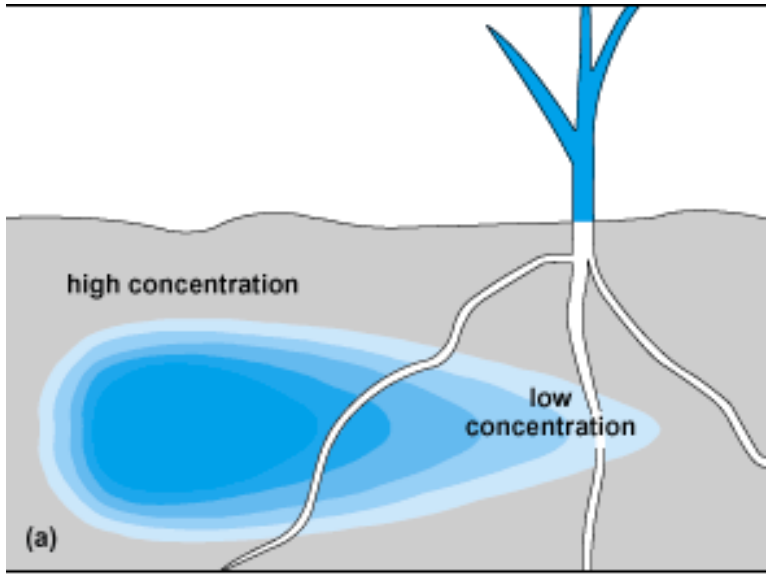
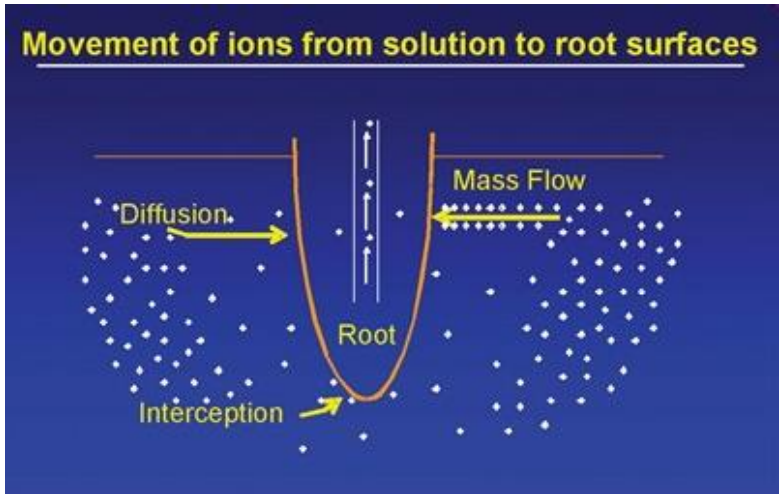


FIGURA 13.16 Una infezione di radici con funghi micorrizici estende la zona di esaurimento nutritivo per una pianta. Questa zona rappresenta il volume di terreno da cui il sistema radicale trae i nutrienti.

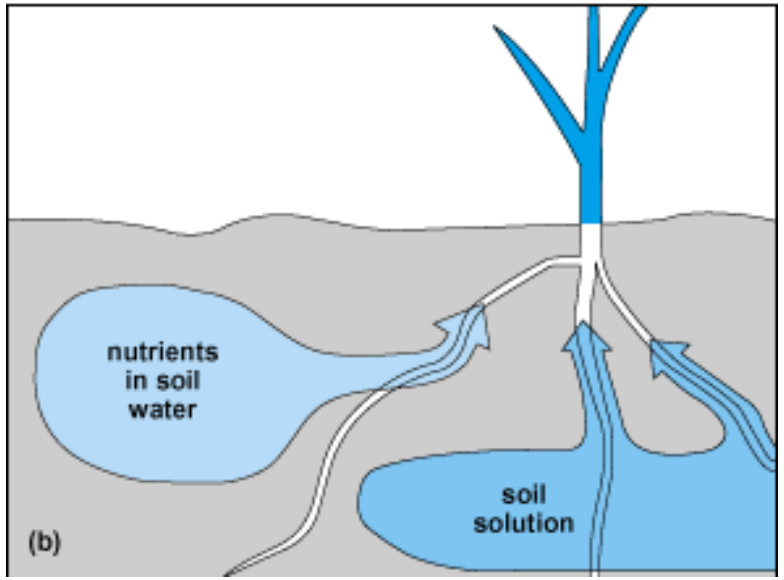
Come arrivano i nutrienti in prossimità della radice?

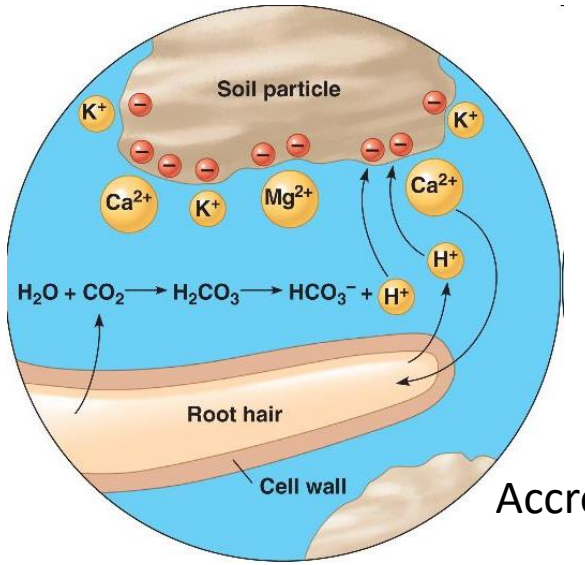
Diffusione





Flusso di massa

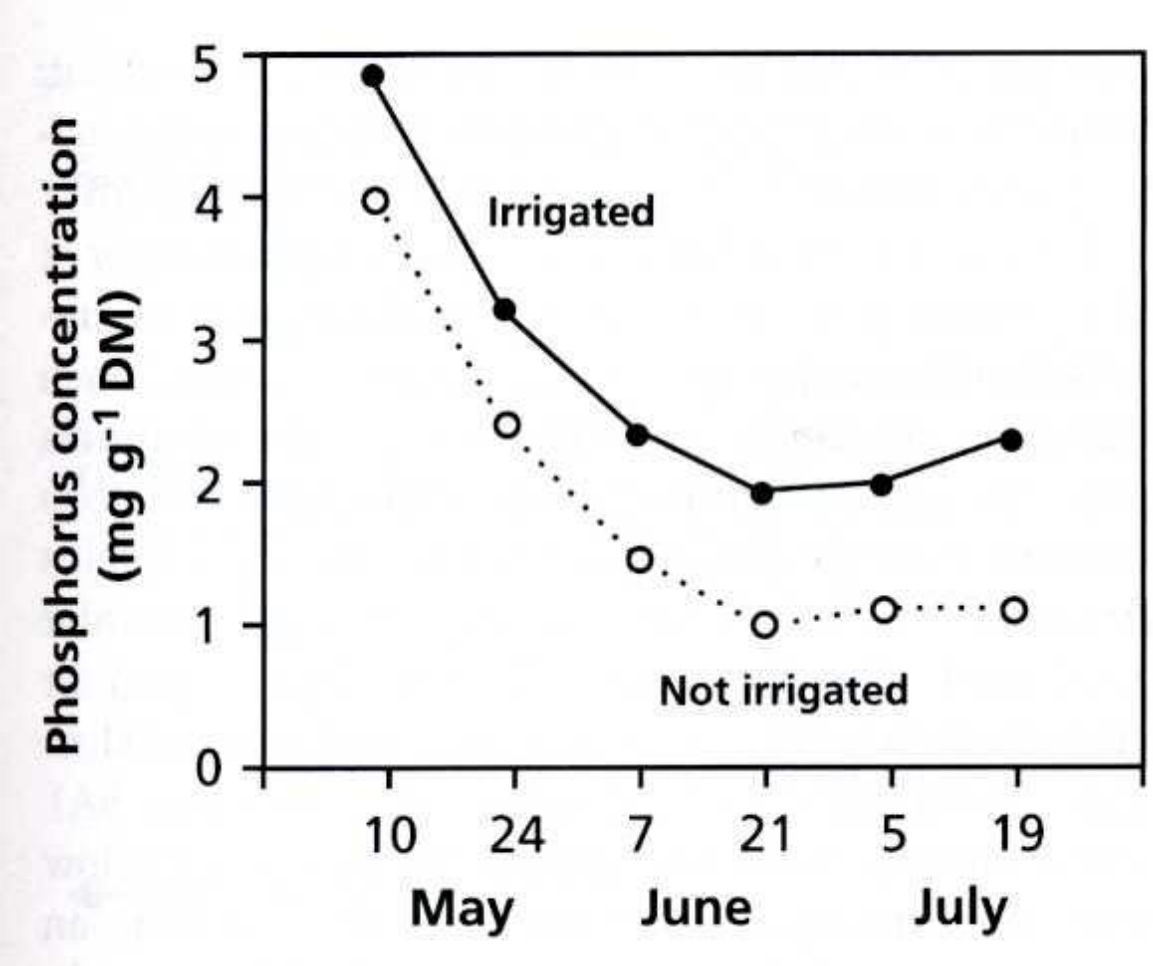




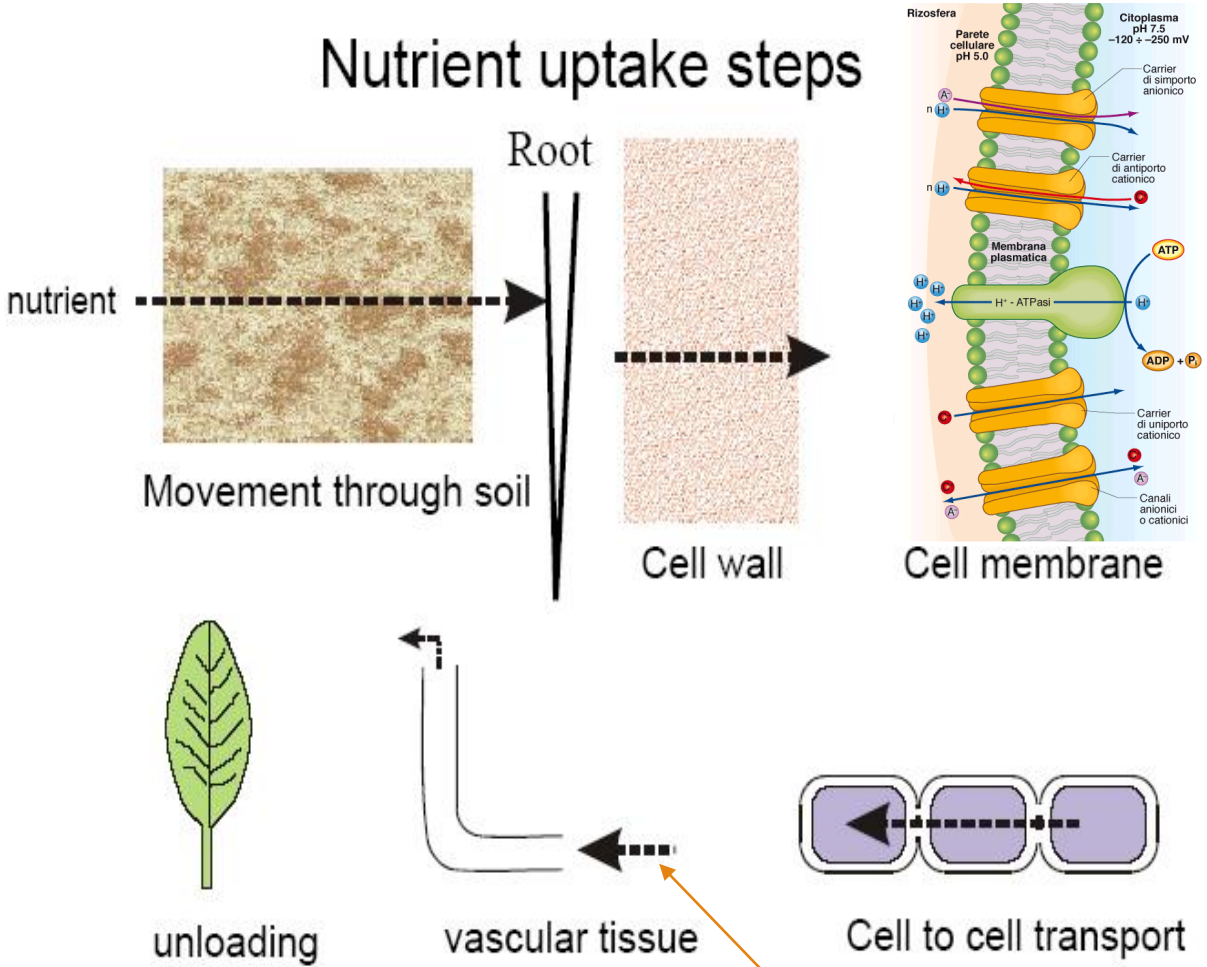
Accrescimento e intercettazione da parte delle radici

Table 3. Percent of nutrients taken up by a corn crop normally supplied by root interception, mass flow and diffusion			
Nutrient	Root interception	Mass flow	Diffusion
	% of uptake possible		
Nitrogen	<1	80	19
Phosphorous	2	5	93
Potassium	2	18	80

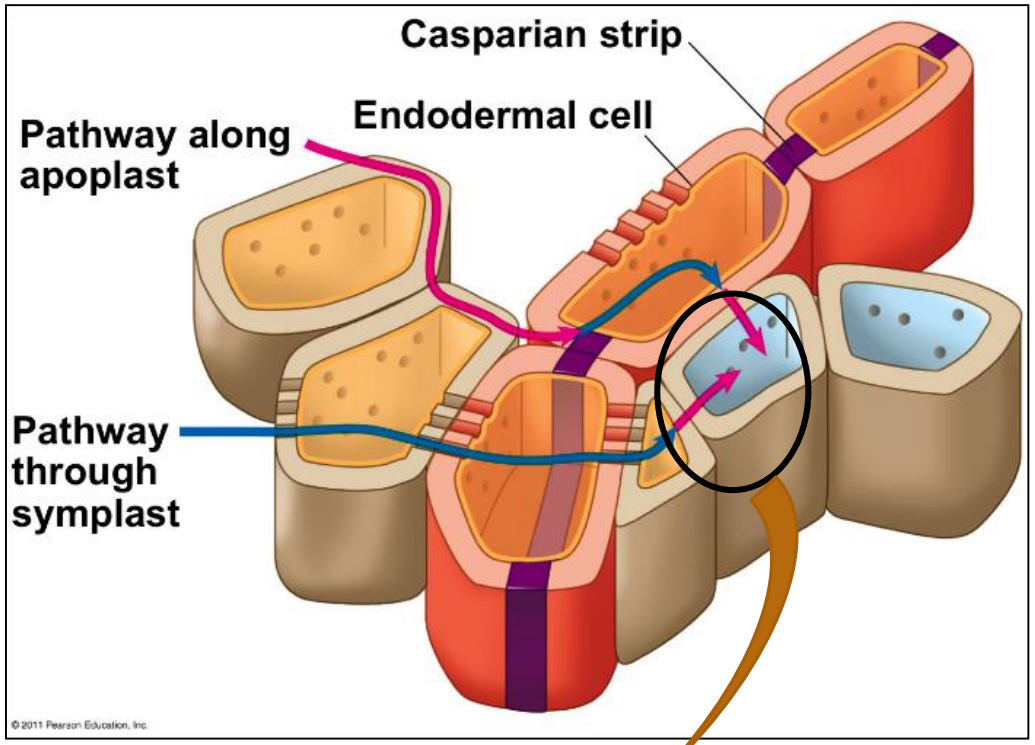
Il contenuto idrico del suolo influisce sull'assorbimento di nutrienti



Riduzione del contenuto idrico: ridotto tasso di diffusione influenza l'assorbimento di nutrienti che limitano maggiormente la crescita delle piante (es. fosforo)



Scaricamento xilematico



Caricamento xilematico:
es SKOR (stelar outwardly rectifying K^+ channel), canali anionici, carrier (es. antiportatore SOS1 Na^+-H^+), etc..