

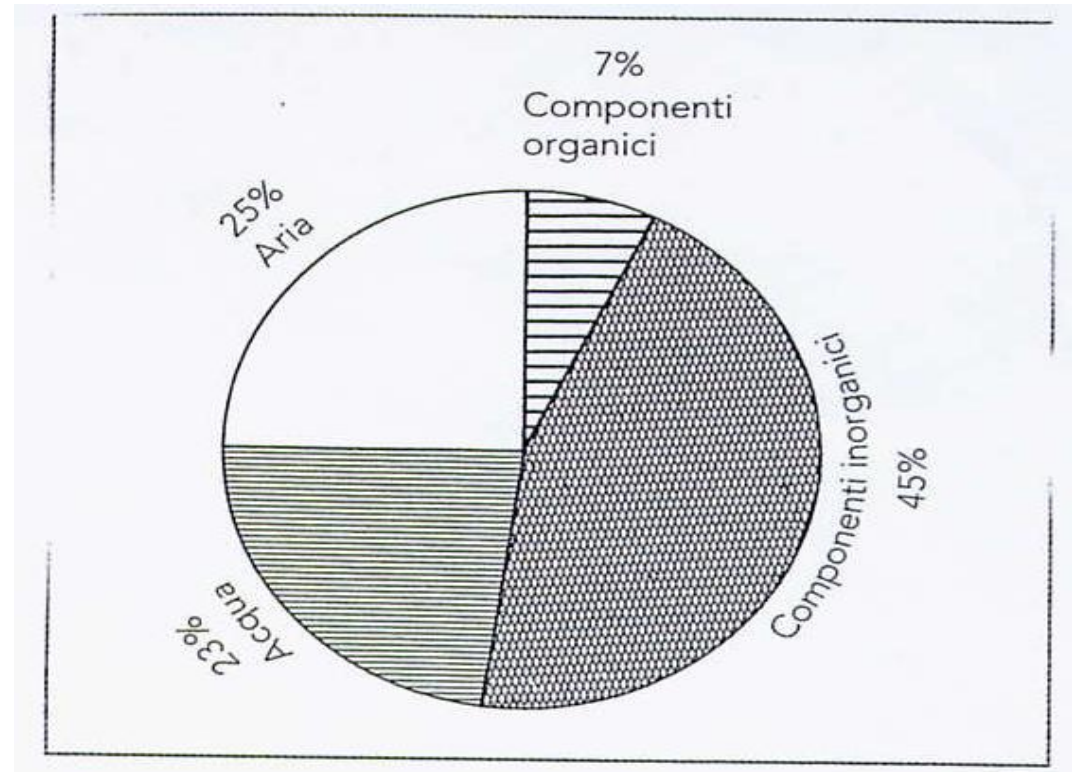
SUOLO

→ **Mezzo nutritivo per la pianta**

→ **Materiale eterogeneo** costituito da tre fasi:

1. Fase solida = principale riserva nutritiva

- sostanze organiche da spoglie animali e vegetali
- sostanze inorganiche derivanti dai minerali



2. Fase liquida è la **soluzione del suolo** = l'acqua circolante nel suolo in cui sono disciolti i gas (O_2 e CO_2) e solidi presenti nel suolo. I nutrienti trasportati sono presenti soprattutto in forma **ionica**.

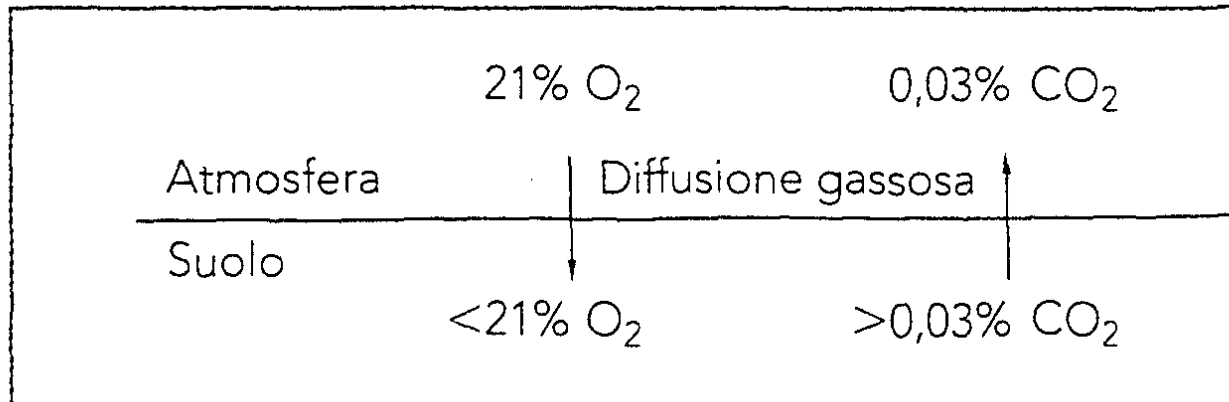
La soluzione del suolo non è omogenea

la sua concentrazione e composizione varia facilmente

3. Fase gassosa del suolo = aria tellurica

È responsabile dello scambio gassoso fra gli organismi viventi del suolo (batteri, funghi, animali) e l'atmosfera.

Direzione della diffusione gassosa tra suolo e atmosfera



Fase solida = principale riserva nutritiva

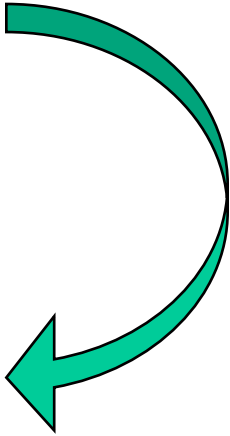
Residui animali
Residui vegetali
Resti delle entità edafiche

DECOMPOSIZIONE

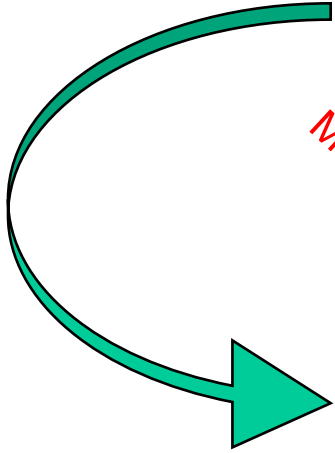


Composti Molecolari

UMIFICAZIONE:
•Risintesi
•Policondensazione



Macromolecole di neogenesi:
Sostanze umiche



MINERALIZZAZIONE

Composti Ionici

Gli elementi nutritivi del terreno sono nel terreno sottoforma disciolta o chimicamente legata

- 0,2% forma sciolta
- 98% in complessi inorganici o minerali e

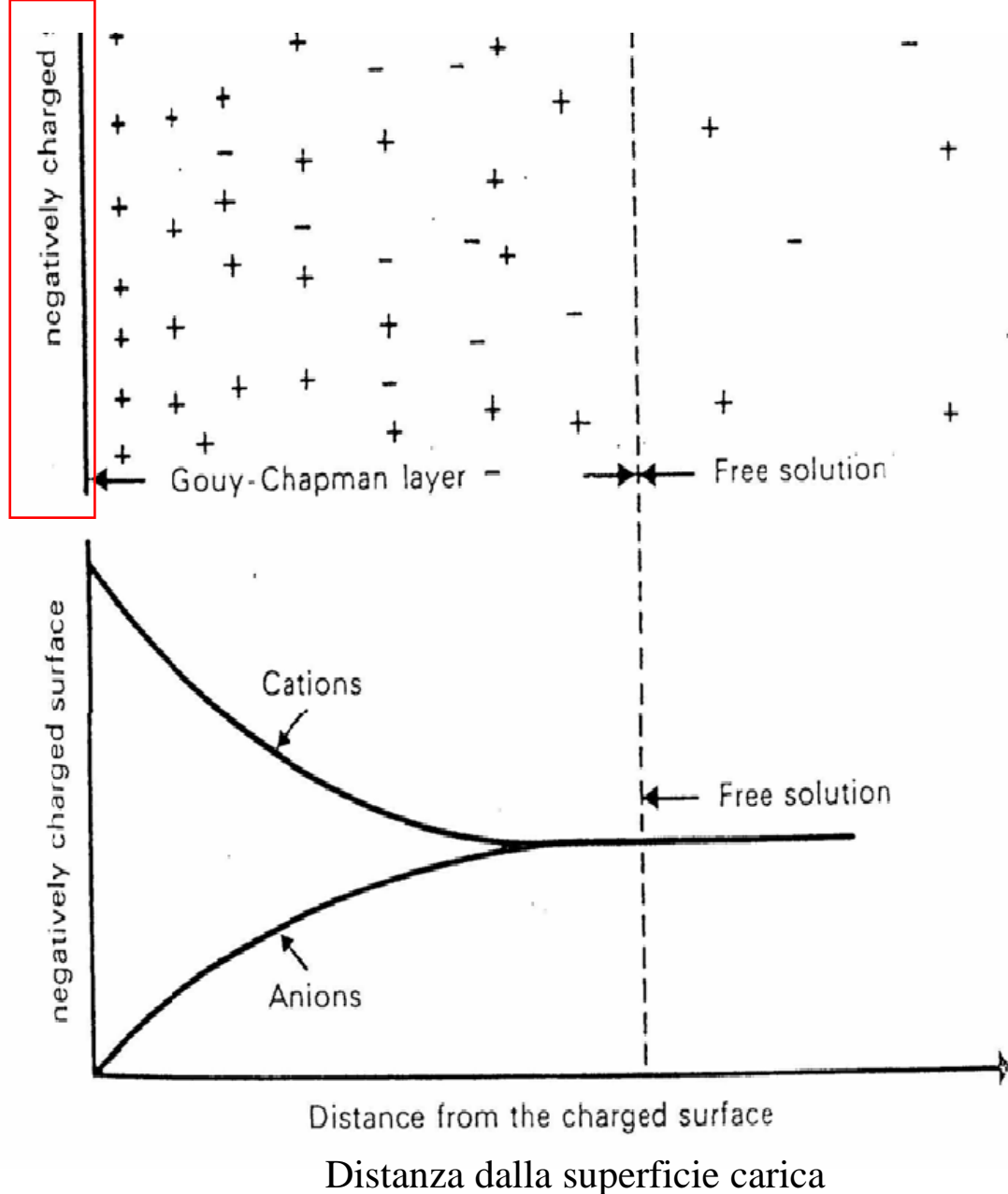
nei sottoprodotti di origine organica

- **2% adsorbito sulle particelle colloidali del terreno e sottoposto a**

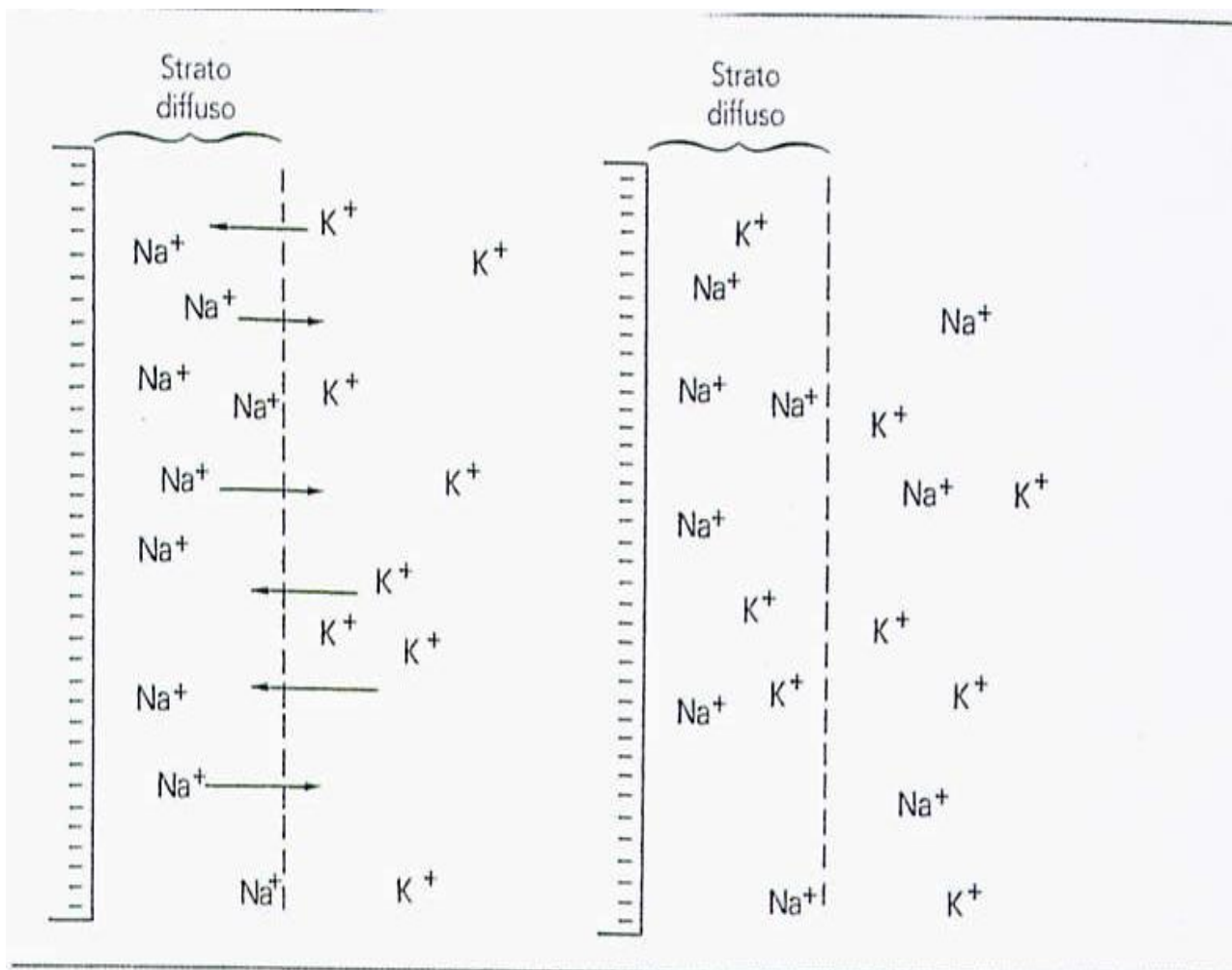
Il catione **pradessi di scambio ionica** sono soggetti a 2 forze opposte:

Forze interioniche: tendono a tenerli uniti alla superficie

Forze cinetiche: tendono a staccarli dalla superficie



—————> la risultante è una distribuzione caratteristica



Fra sostanze in soluzione, colloidi e principi minerali si realizza nel terreno un **equilibrio fluido**

complesso :

controlla il ricambio minerale e provvede a una distribuzione degli elementi nutritivi.

Il pH del terreno è un fattore che ha una notevole influenza sull'equilibrio ionico.

Il legame adsorbente con ioni nutritivi presenta una serie di vantaggi:

Le sostanze nutritive sono protette dal dilavamento

La concentrazione della soluzione del suolo resta equilibrata

Gli ioni risultano facilmente disponibili per l'assorbimento della pianta in caso di bisogno

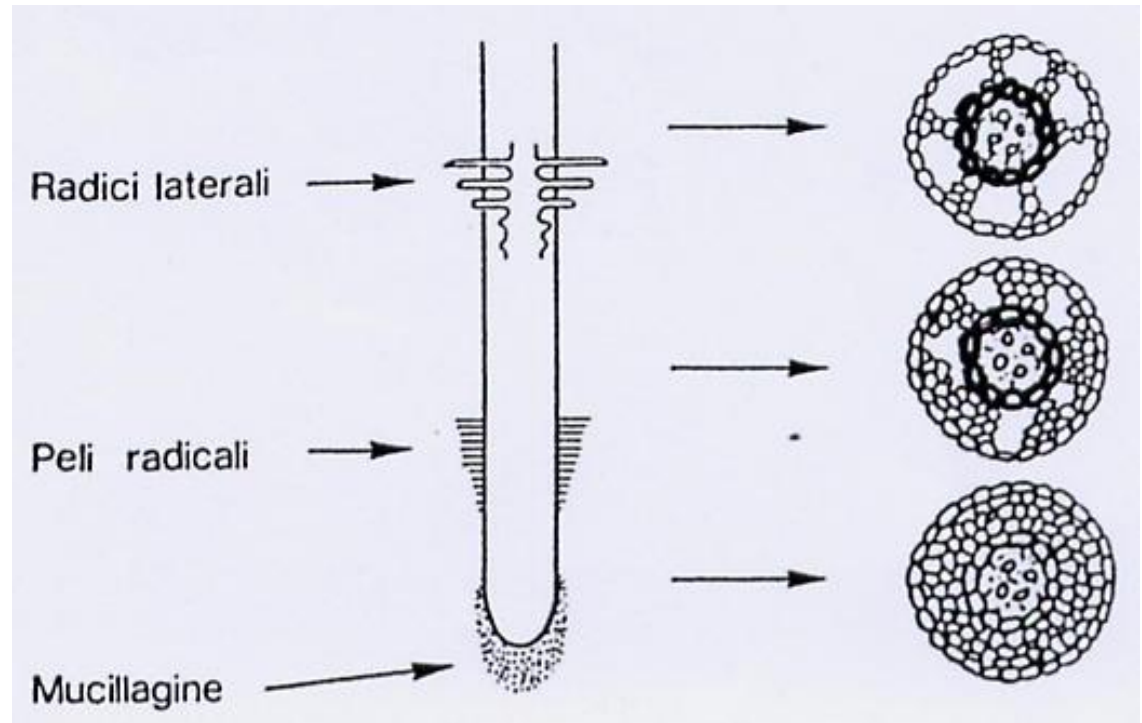
ASSORBIMENTO IONICO NELLE RADICI

Le radici allungandosi variano sia anatomicamente che fisiologicamente lungo gli assi longitudinali:

Le zone apicali sono le più attive metabolicamente

- Elevata respirazione
- Elevata selettività K^+ / Na^+
- Elevata attività enzimatica

La velocità di
assorbimento ionico
tende a diminuire
allontanandosi
dall'apice
parte basale



- Aumento della deposizione di suberina nel rizoderma
—————> ostacolo al movimento nell'apoplasto
- Formazione di Endodermide II ario e III ario
—————> Inibizione del trasporto radiale nella stele
- Parziale degenerazione cellulare : Formazione di cavità
—————> aerenchima = spazi aeriferi, lacunari

Gradiente nell'assorbimento di H_2O lungo l'asse radicale:

*Declino dell'assorbimento procedendo
dall'apice verso la parte basale*

La diminuzione dell'assorbimento di H_2O influenza

- Rifornimento di ioni alla superficie radicale
 - Trasporto radiale nella corteccia

La **velocità** di assorbimento ionico dipende:

1. Tipo di ione

K^+ è poco assorbito nelle zone apicali

Ca^{2+} e Mg^{2+} sono assorbiti nelle zone apicali

2. Stato nutrizionale

Il gradiente nell'assorbimento di fosfato (P)
può capovolgersi in carenza di P

Table 2.33

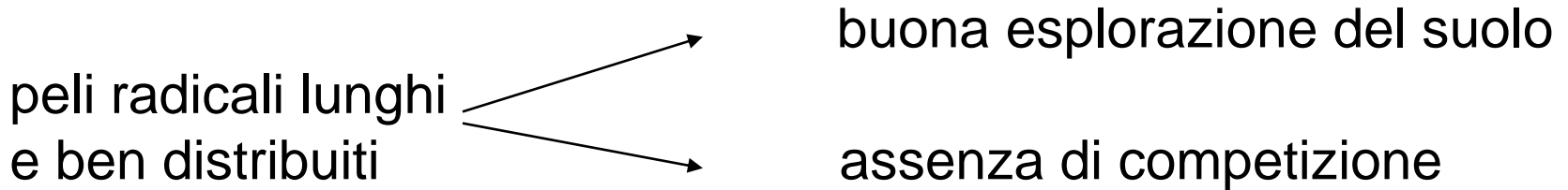
Effect of Phosphorus Nutritional Status on the Rate of Phosphorus Uptake by Various Root Zones of Barley Plants^a

ASSORBIMENTO

	Root zone		
	Distanza dall'apice (cm)		
Pretreatment for 9 days	1	2	3
+ P With phosphorus	2019	1558	970
- P Without phosphorus	3150	<u>4500</u>	<u>4613</u>

^aUptake rate expressed as pmol mm^{-3} of root segment in 24 h.
Based on Clarkson *et al.* (1978).

La presenza e quantità di **pelì radicali** può avere effetto sull'assorbimento radicale:



la distribuzione di nutrienti influisce sulla crescita, morfologia e distribuzione delle radici nel profilo del suolo

Le piante P-carenti :

- pelì radicali lunghi e abbondanti
- radici più sottili e ramificate



aumento area superficiale

La parte aerea declina mentre le radici continuano a crescere :



traslocazione dei fotosintati alle radici

traslocazione di P_{inorg} dalle foglie alle radici

Lupinus alba

P-carenza

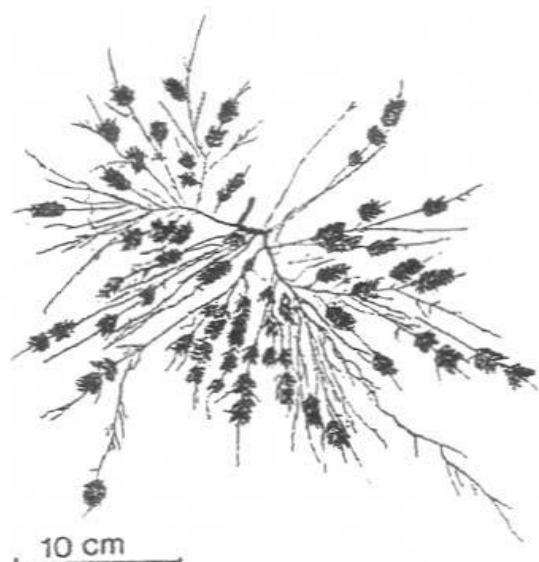
P-nutrizione

Formazione di

radici proteoidi
(clusters di
radici laterali)

- sono indotte anche da N e Fe carenza
- caratterizzate da:

- ✓ Alte entità di respirazione →
- ✓ Capacità di mobilizzare P →



elevata domanda di O₂
estrusione di acidi organici e/o fenoli

Nei suoli poco fertili + dell'80% del peso secco delle radici
è costituito dalle radici proteoidi

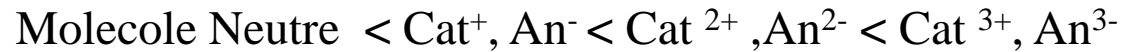
*Il volume di suolo nelle vicinanze delle radici proteoidi
è soggetto a un'intensa estrazione chimica*

Caratteristiche chimico-fisiche delle specie ioniche

che influenzano l'assorbimento:

1. VALENZA dello ione

Diminuzione dell'assorbimento:



2. DIMENSIONE dello ione :

Correlazione negativa fra *raggio ionico* e *velocità di assorbimento*

- Relazione tra valore del raggio ionico e velocità di assorbimento di alcuni cationi monovalenti.

Catione	Raggio ionico (*) (nm),	Velocità di assorbimento $\mu\text{mol/g}$ di sostanza fresca \cdot 3 ore)
Litio	0.380	2
Sodio	0.360	15
→ Potassio	0.330	26
Cesio	0.310	12

* Il raggio ionico idratato

Meccanismi di interazione ionica

- 1. COMPETIZIONE:** **inibizione** dell'assorbimento
di uno ione in seguito alla presenza di un altro ione

fra **CATIONI**:

- $Rb^+ e K^+$ **competizione specifica** per il sistema di trasporto :
Il raggio del Rb^+ idratato e del K^+ sono simili
- $NH_4^+ e K^+$ La selettività dei siti di legame della membrana è
funzione solo di caratteristiche chimico-fisiche degli ioni
- Mg^{2+}, K^+, Ca^{2+} **competizione aspecifica** per le cariche negative all'interno

fra **ANIONI**

- $SO_4^{=}$ e $MoO_4^{=}$
 - $SO_4^{=}$ e $SeO_4^{=}$
 - $PO_4^{=}$ e $AsO_4^{=}$
 - Cl^- e NO_3^-
- stesso sistema di trasporto**

- Competizione PO_4^{3-} e AsO_4^{3-}

Piante As tolleranti hanno sviluppato un sistema di uptake del P ad alta affinità e indotto dalla carenza di P:

Soppressione dell'uptake di As per competizione con P

- Competizione fra Cl^- e NO_3^-

Nei terreni salini un aumento di NO_3^-

Miglioramento dello stato nutrizionale della pianta

Previene la tossicità da Cl^- in piante sensibili

- Competizione fra NH_4^+ e NO_3^-

2. SINERGISMO :

stimolazione dell'assorbimento di uno ione in seguito alla presenza di un altro ione

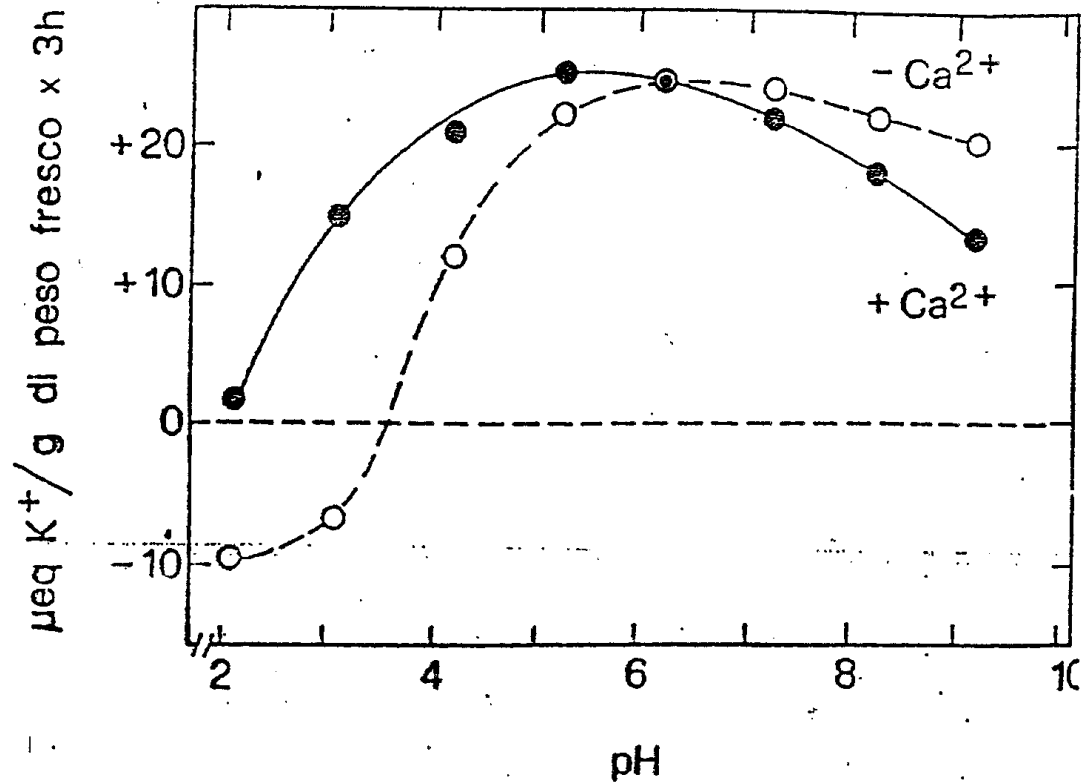
Il *Calcio* è un esempio di sinergismo

3. RELAZIONI CATIONI-ANIONI

Il Ca^{2+} è un esempio di sinergismo: stimola l'assorbimento di cationi e anioni

• a basso pH

Favorisce l'uptake di K^+
Contrasta l'effetto negativo degli H^+ sull'integrità di membrana
e sul funzionamento della pompa protonica



• a pH elevati

competizione fra K^+ e Ca^{++}

- Il valore di pH che segna la transizione da effetto sinergico a effetto competitivo sull'assorbimento del K^+ non è un valore fisso ma dipende dalla specie vegetale

Nel rapporto K^+ / Na^+ \longrightarrow

il Ca^{++} favorisce il K^+

È importante nei suoli salini

Viene favorito l'antiporto K^+ / Na^+ \longrightarrow

efflusso di Na^+

Tab. 15.3 - Effetto di Ca^{2+} sulla selettività radicale K^+/Na^+ in piante di mais e di barbabietola da zucchero (modificata da Marschner, 1986).

Soluzione esterna (10 meq/l di NaCl e KCl)	Velocità di assorbimento ($\mu\text{eq/g}$ di sostanza fresca \cdot 4 ore)					
	Mais			Barbabietola da zucchero		
	Na^+	K^+	$Na^+ + K^+$	Na^+	K^+	$Na^+ + K^+$
- Calcio	9.0	11.0	20.0	18.8	8.3	27.1
+ Calcio (1 meq/l di $CaCl_2$)	5.9	15.0	20.9	15.4	10.7	26.1

COMPETIZIONE IONICA

Effetto di K^+ e Ca^{2+} sull'assorbimento di Mg^{2+} marcato (^{28}Mg) in piantine di orzo (*) (modificata da Marschner, 1986).

	Assorbimento di Mg^{2+} ($\mu eq Mg^{2+} / 10g$ di sostanza fresca \cdot 8 ore)		
	$MgCl_2$	$MgCl_2 + CaSO_4$	$MgCl_2 + CaSO_4 + KCl$
Radici	165	115	15
Germogli	88	25	6.5

Il Mg^{2+} ha un legame debole sui siti di scambio della membrana a causa di un elevato mantello di idratazione



La velocità di assorbimento dipende:

- ❖ Dalla concentrazione delle specie cationiche
- ❖ Dalla concentrazione **individuale** di ogni catione
- ❖ Dall'efficienza del meccanismo di uptake

Competizione efficace di K^+ e Ca^{2+} con il Mg^{2+}

The effect of an increasing Mg application on the content of various species in sunflower plants (SCHARRER and JUNG [1955])

	K	Na	Ca	Mg	Sum
			me/100 g DM		
Mg ₁	49	4	42	49	144
Mg ₂	57	3	31	61	152
Mg ₃	57	2	23	68	150

Aumentando la concentrazione di Mg^{2+} :

Aumento del Mg^{2+} interno

Diminuzione di Ca^{2+} e Na^+

Il K^+ resta invariato

La somma totale dei cationi resta costante

Competizione NH_4^+ - NO_3^- :

L'ammonio reprime velocemente l'assorbimento di nitrato

Il nitrato non ha effetto sull'assorbimento di ammonio

L' NH_4^+ è assorbito di preferenza ritardando e inibendo

l'uptake del NO_3^-



Il rapido influsso di NH_4^+ nel citoplasma:

Soddisfa l'esigenza di N della pianta



Depolarizzazione della membrana

Soppressione uptake di NO_3^-

tramite **simporto $\text{NO}_3^- / \text{H}^+$**



RELAZIONI CATIONI-ANIONI

Effect of the Accompanying Ion on the Rate of K^+ and Cl^- Uptake by Maize Plants"

Concentration ($meq\ l^{-1}$)	Uptake rate ($\mu eq\ g^{-1}\ fresh\ wt\ h^{-1}$)			
	K^+ from		Cl^- from	
	KCl	<u>K_2SO_4</u>	KCl	<u>$CaCl_2$</u>
0.2	1.6	1.6	0.8	0.7
2.0	2.7	1.9	2.0	1.0
20.0	5.7	2.2	4.3	2.1

"Recalculated from Lüttge and Laties (1966).

Le Piante tramite l'assorbimento radicale rimuovono cationi e anioni in modo disuguale *necessità di* *- Compensazione di cariche elettriche*



- Regolazione del pH cellulare

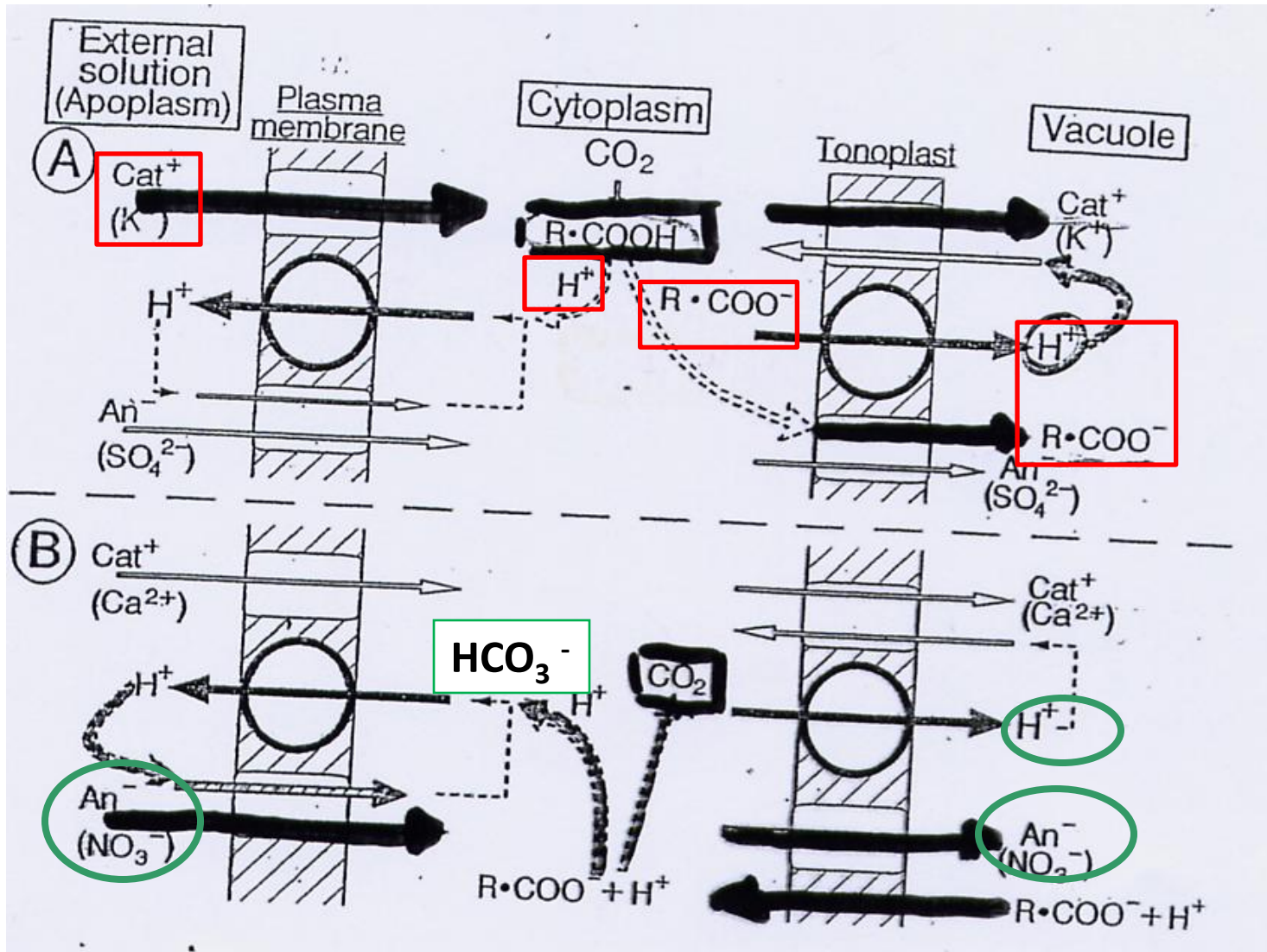
Bilanciamento ionico e regolazione del pH cellulare si realizzano con

1. **Accumulo o degradazione all'interno di anioni di acidi organici**
2. **Invio all'esterno di H⁺ o OH⁻ (HCO₃⁻)**

Relationship between Cation–Anion Uptake and Organic Acid Content in Isolated Barley Roots^a

External solution (meq l ⁻¹)	Uptake (μeq g ⁻¹ fresh wt)		Change in organic acid (μeq g ⁻¹ fresh wt)	¹⁴ CO ₂ Fixation (relative)
	Cations	Anions		
2 <u>K</u> ₂ SO ₄	17 ↑	1	+15.1 ↑	145 ↑
1 <u>K</u> Cl	28	29	-0.2	100
1 <u>Ca</u> Cl ₂	1	15 ↑	-9.7	60 ↓

^aBased on Hiatt (1967a, b) and Hiatt and Hendricks (1967).



L'anione **malato** svolge un ruolo importante negli squilibri ionici:

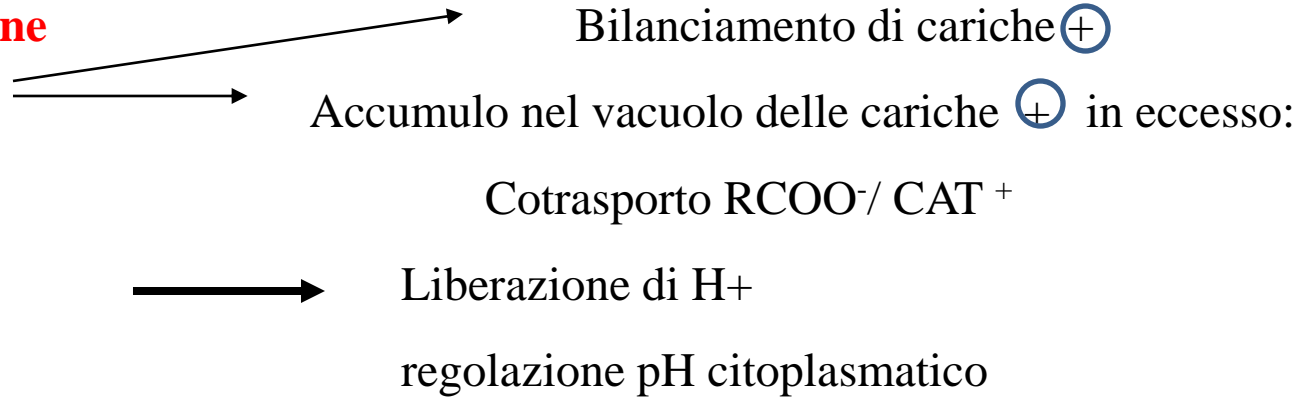
- si accumula nel *vacuolo* dove entra come contro-ione nel trasporto di +

Assorbimento di Cationi > Anioni



- Aumento del pH citoplasmatico (fuoriuscita di H⁺)
- Aumento delle cariche ⊕

Sintesi e traslocazione di Acidi Organici (RCOO⁻)



Assorbimento di Anioni > Cationi

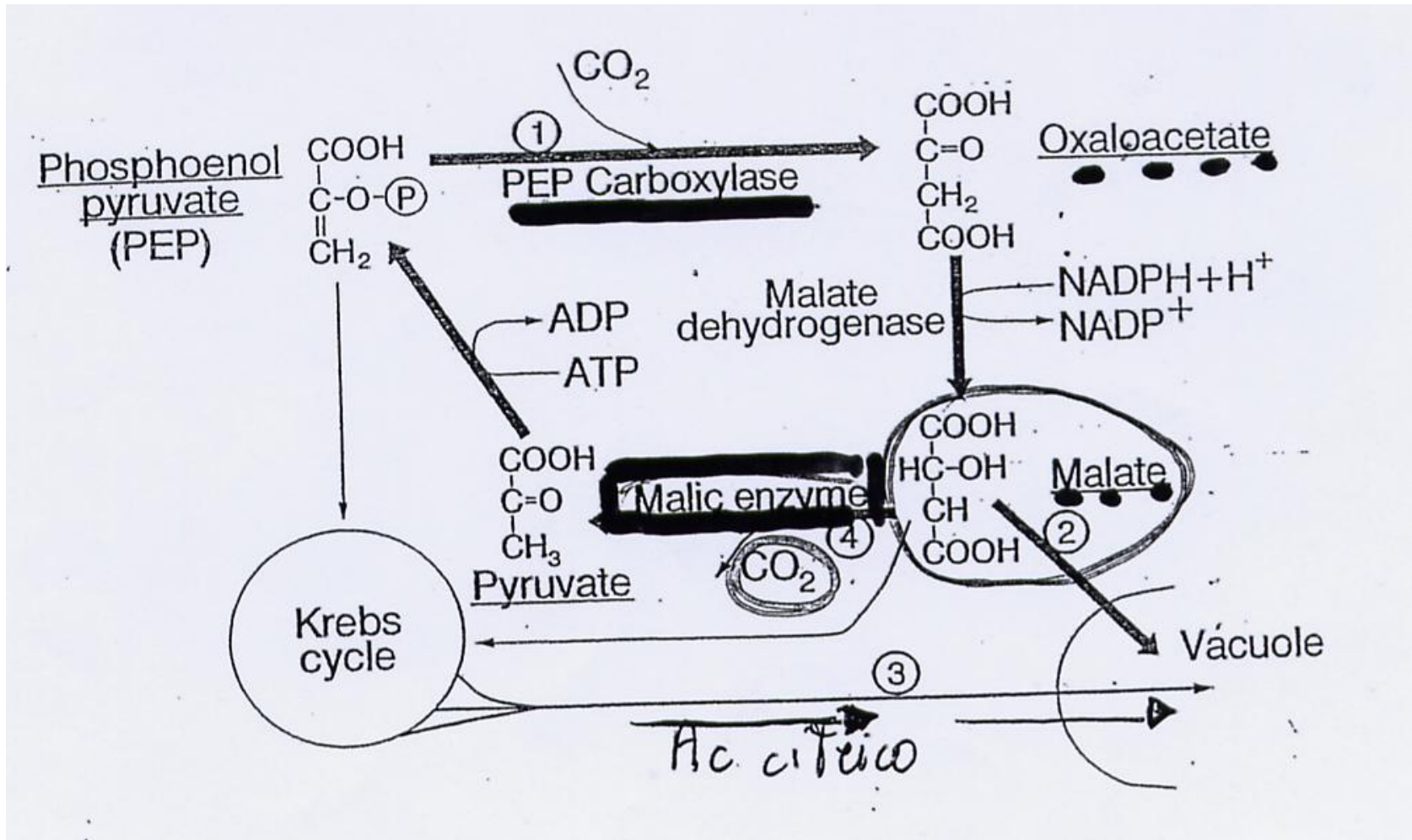


- Diminuzione pH citoplasmatico
- Aumento cariche ⊖ all'interno

Decarbossilazione degli acidi organici



La sintesi e degradazione del malato avviene nel *citoplasma*
ed è regolata da *variazioni di pH*

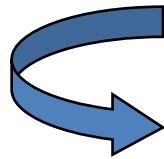


Assorbimento di



Elevato pH

Attivazione PEPc



Aumento della fissazione di CO_2

Sintesi di Ossalacetato e malato

Assorbimento

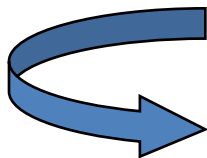


Diminuzione del pH

Inattivazione PEPc

Attivazione dell'enzima Malico

Decarbossilazione del malato



Liberazione di CO_2 e HCO_3^- all'esterno