

# pH

$$(pH = - \log a_{H^+})$$

➤ *pH in acqua (pH attuale)*

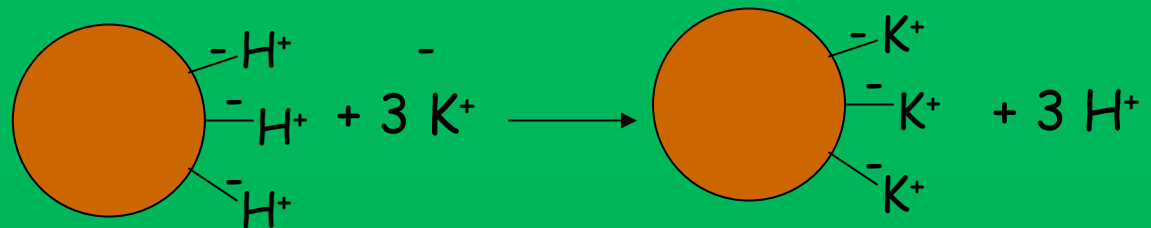
*stima concentrazione ioni  $H^+$  nella soluzione circolante del suolo*

Misurato nella dispersione suolo+acqua (1+2,5)

➤ *pH in KCl (pH potenziale)*

stima ioni  $H^+$  nella soluzione circolante e adsorbiti sul complesso di scambio

Misurato nella dispersione suolo+soluzione KCl 1M (1+2,5)



pH attuale  $\geq$  pH potenziale

# pH: fattori determinanti

## ➤ *Naturali*

*Matrice litologica (reazione della roccia madre)*

*Clima (Temperatura e rapporto precipitazioni/evapotraspirazione)*

## ➤ *Antropici*

*Tecniche colturali*

lavorazioni (rimescolamento degli orizzonti edafici)

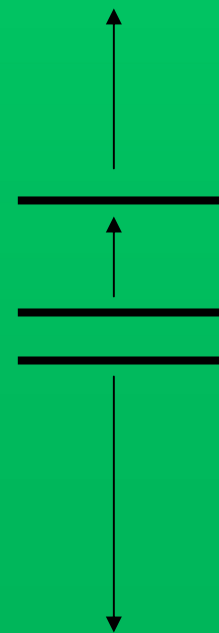
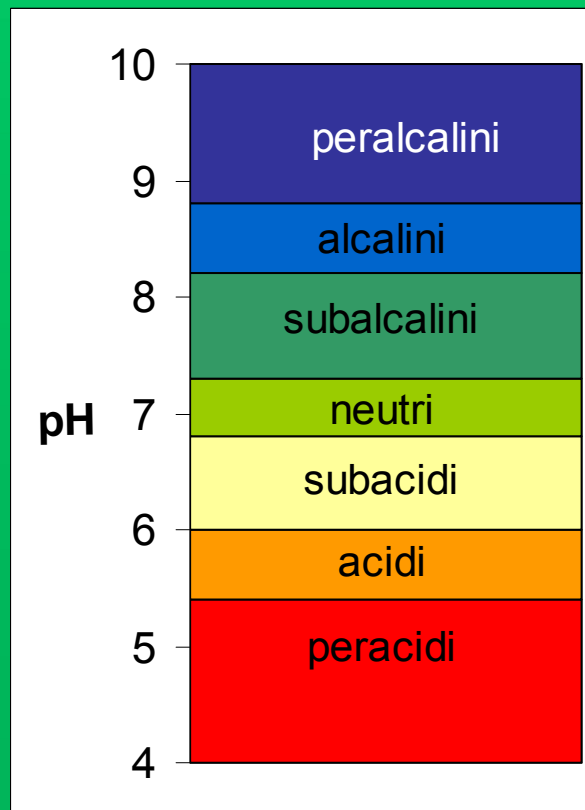
fertilizzazione (reazione di concimi ed ammendanti, correzione)

irrigazione (quantità e qualità delle acque d'irrigazione)

*Deposizioni acide*

# pH e classe di reazione

*Classificazione dei suoli  
in base al pH*



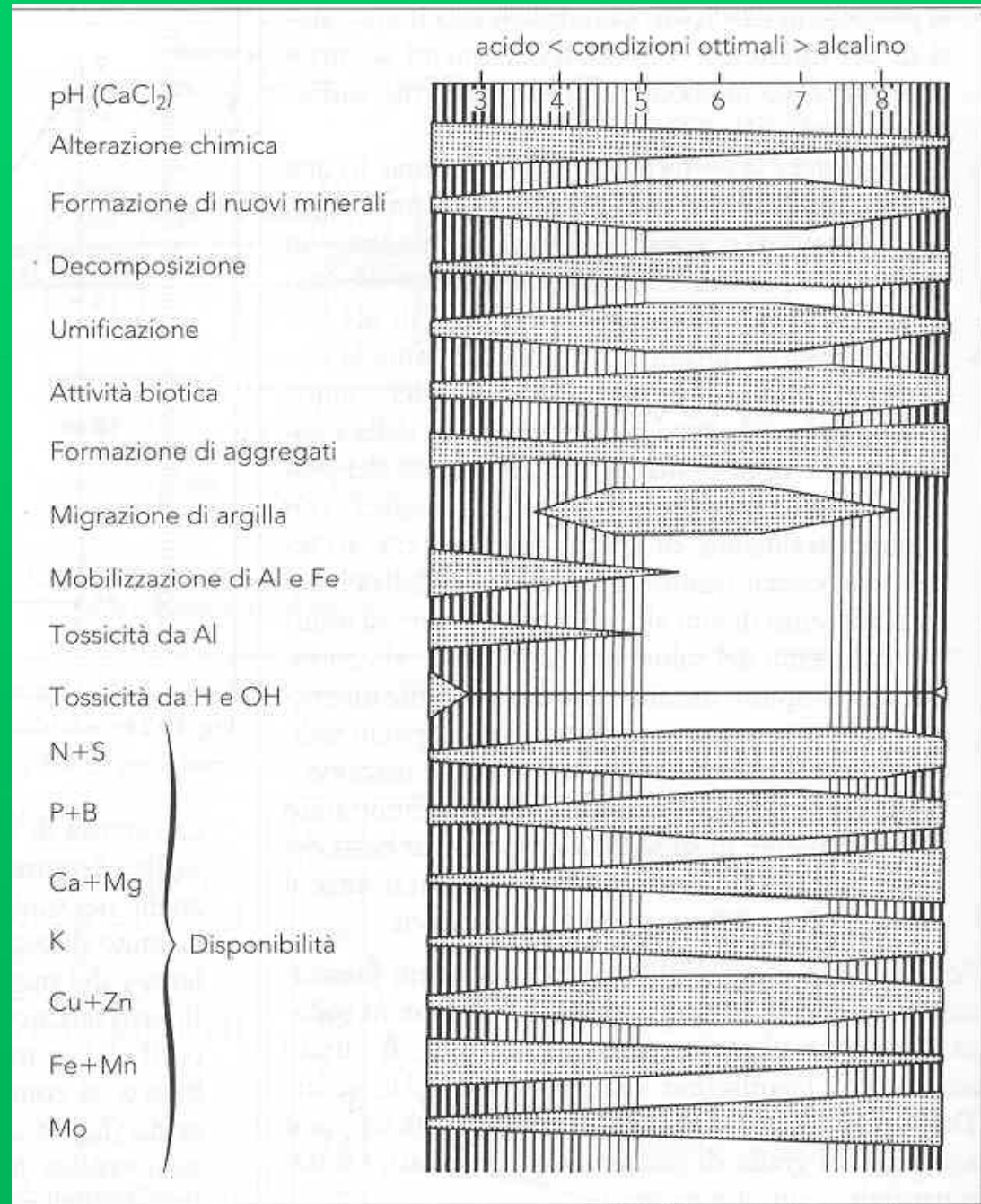
Carbonati di Na e Mg

Carbonato di calcio

Insaturazione del complesso  
di scambio

# pH

Effetti sulla  
disponibilità degli  
elementi nutritivi e  
su altri processi del  
suolo



# pH estremi: < 5

## ➤ *Problemi nutrizionali*

*Fitotossicità da Alluminio e metalli pesanti*

*Carenze di Ca, Mg, K, P, N*

*Lenta mineralizzazione della sostanza organica*

*Lenta nitrificazione*

## ➤ *Soglie di compatibilità agronomica*

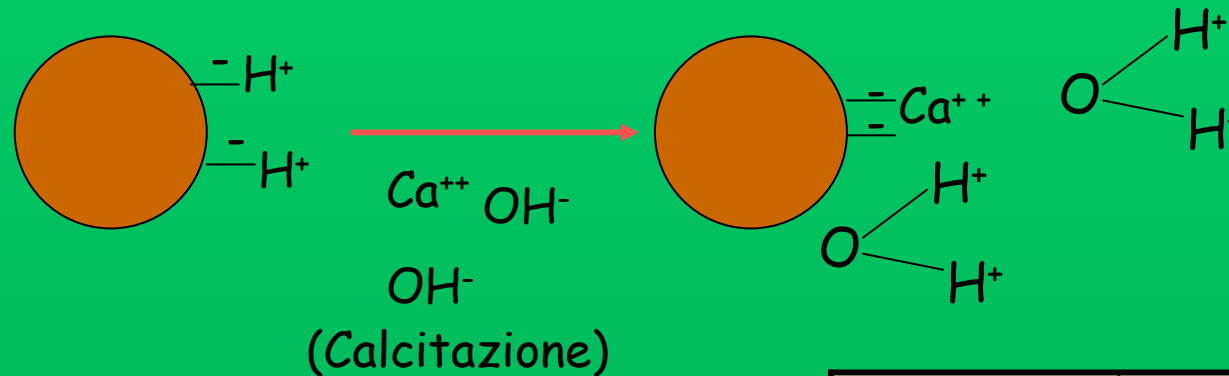
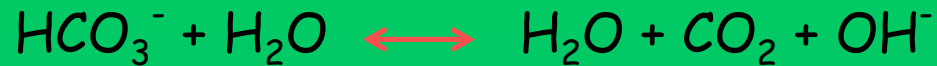
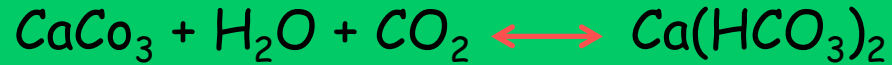
<b>Specie</b>	<b>pH min. tollerato</b>
Frumento	5.4
Orzo	5.9
Mais	5.5
Barbabietola	5.9
Erba medica	6.1
patata	4.9



Mais su suolo peracido

# pH: correzione suoli acidi

## ➤ Calcitazione



## Calcoli:

**Conoscendo l'acidità complessiva:**

$$H^+ * p.e. \text{CaCO}_3 * 10^{-5} * DA * V_{\text{suolo}} = t/\text{ha di CaCO}_3$$

Dove:  $H^+$  in  $\text{cmol}^{(+)} \cdot \text{kg}^{-1}$ ;  $V_{\text{suolo}}$  in  $\text{m}^3$ ;  $10^{-5}$  per conversione da  $\text{cg} \cdot \text{kg}^{-1}$  a  $\text{kg} \cdot \text{kg}^{-1}$

**Conoscendo il "fabbisogno in calce"**

$$\text{Dose stimata}/2000 * V_{\text{suolo}} = t/\text{ha di CaCO}_3$$

Correttivo	Potere correttivo equivalente al $\text{CaCO}_3$
CaO	1.79
$\text{Ca}(\text{OH})_2$	1.35
$\text{MgCO}_3$	1.19
MgO	2.5

# pH salinità e sodicità dei suoli

*Per La classificazione dei suoli salini vengono considerati:*

- *pH*
- *Percentuale di sodio sul complesso di scambio (ESP)*
- *Conducibilità elettrica dell'estratto acquoso alla pasta satura (EC)*

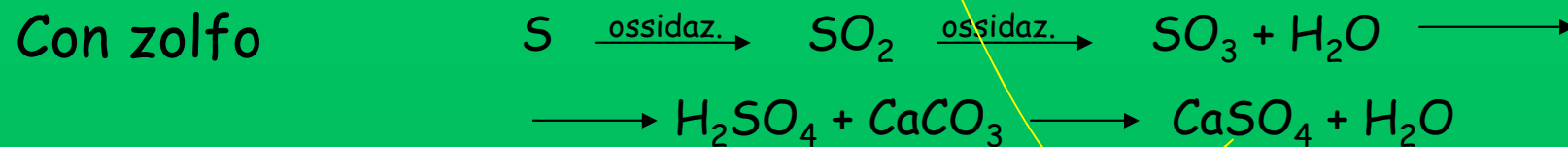
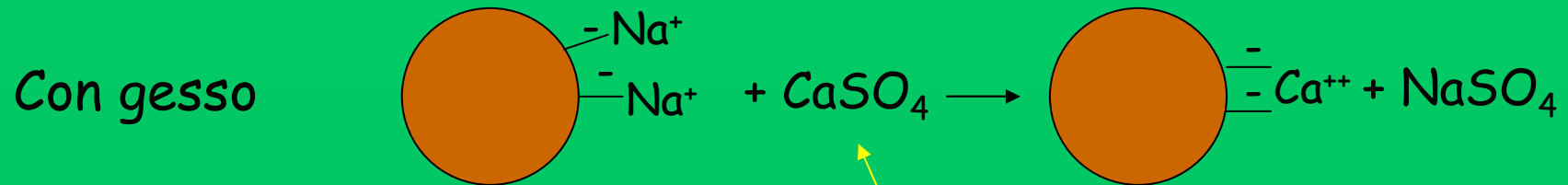
Classificazione	EC (dS/m)	ESP	pH	Correzione
Salino	> 4	< 15	< 8,5	Lisciviazione
Sodico	< 4	> 15	> 8,5	Correzione + lisciviazione
Salino Sodico	> 4	> 15	< 8,5	Correzione + lisciviazione

# pH estremi: >8.5 (alcalinità sodica)

- *Problemi nutrizionali*
  - *Fitotossicità da sodio e da ione bicarbonato*
  - *Squilibri nutrizionali per antagonismo del Na con le altre basi*
  - *Stress idrico e ridotta attività fotosintetica*
  - *Carenze di P e microelementi (Fe, Zn, Cu, Mn, B)*
- *Problemi di struttura del suolo conseguente alla dispersione dei colloidi*
  - *Diminuzione della conducibilità idraulica e della porosità*
  - *Diminuzione della portanza*



# pH: correzione dei suoli alcalini sodici e salino-sodici



## Calcolo della dose:

Conoscendo il "fabbisogno in gesso"

$$\text{Dose stimata}/2000 * V_{\text{suolo}} (\text{m}^3) = t/\text{ha di CaSO}_4$$

Conoscendo la concentrazione di  $\text{Na}^+$  scambiabile  
( $\text{cmol}(+) * \text{kg}^{-1}$ )

$$\text{Na}^+ * \text{p.e. CaSO}_4 * 10^{-5} * \text{DA} * V_s = t/\text{ha di CaSO}_4$$

Dove:  $\text{Na}^+$  in  $\text{cmol}(+) * \text{kg}^{-1}$ ;  $V_{\text{suolo}}$  in  $\text{m}^3$ ;  $10^{-5}$  per conversione da  $\text{cg} * \text{kg}^{-1}$  a  $\text{kg} * \text{kg}^{-1}$

Correttivo	Potere correttivo equivalente al $\text{CaSO}_4$
$\text{H}_2\text{SO}_4$	1.754
S	5.555
CaS	1.333
$\text{FeSO}_4$	0.617

# Calcare totale

*Carbonati di calcio e magnesio in particelle di varia dimensione*

- *Effetti del calcare:*
- *Insolubilizzazione di P, Fe*
- *Riduzione della capacità di ritenzione idrica*
- *Formazione di croste superficiali*
- *Flocculazione dei colloidi*
  
- *Attenuazione degli effetti negativi del calcare:*
- *Apporto di sostanza organica (ammendanti e residui colturali)*
- *Concimazione fogliare*
- *Uso di elementi chelati*

# Calcare attivo

= *Frazione di calcare che origina rapidamente ioni bicarbonato*  
(frazione afferente alle classi del limo e dell'argilla)

➤ *Correlato con la clorosi ferrica*

*Ferro(oso) + carbonato → Ossido ferrico insolubile*

➤ *Indice del potere clorosante del suolo:*

$$IPC = \frac{CaCO_3 \text{ (g/kg)}}{Fe \text{ estraibile in ammonio ossalato (mg/kg)}} * 1000$$

➤ *Esistono, per le colture frutticole e per la soia, le soglie di tolleranza varietale e clonale.*

# Calcare totale e attivo

Classificazione	Calcare totale (%)
Non calcareo	< 2.5
Lievemente calcareo	2.5 - 9.0
Mediamente calcareo	9 - 18
Sensibilmente calcareo	18 - 25
Fortemente calcareo	25 - 50
Calcareo	> 50

Classificazione dei suoli in base al contenuto di calcare totale

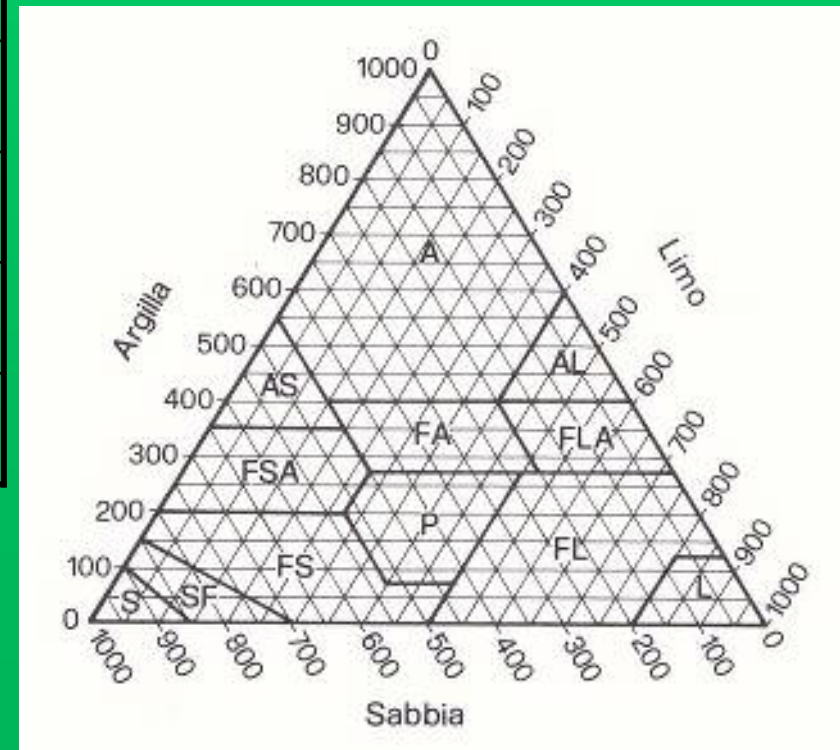
Dotazione	Calcare attivo (%)
Scarsa	< 2
Normale	2 - 5
Elevata	5 - 10
Molto elevata	> 10

Giudizio sulla dotazione di calcare attivo dei suoli

# Tessitura

= *Distribuzione per classi dimensionali delle particelle elementari*

Classe granulometrica	Limiti USDA (um)	Limiti ISSS (um)
Scheletro	> 2000	> 2000
Sabbia	50 - 2000	20 - 2000
Limo	2 - 50	2 - 20
Argilla	< 2	< 2



Triangolo della tessitura USDA

- **Classificazione:**  
*in base ai triangoli  
della tessitura ISSS e USDA*

# Tessitura

- effetti delle classi granulometriche sulle proprietà fisiche, idrologiche e chimiche del suolo

<i>Scheletro</i>	<i>drenaggio, lavorabilità, diluizione terra fine</i>
<i>Sabbia</i>	<i>porosità e drenaggio</i>
<i>Limo</i>	<i>permeabilità</i>
<i>Argilla</i>	<i>C.S.C, porosità, permeabilità, struttura</i>

# Tessitura

Variazione di alcuni parametri in funzione del rapporto argilla/sabbia + limo (A/S+L) in condizioni di buona struttura

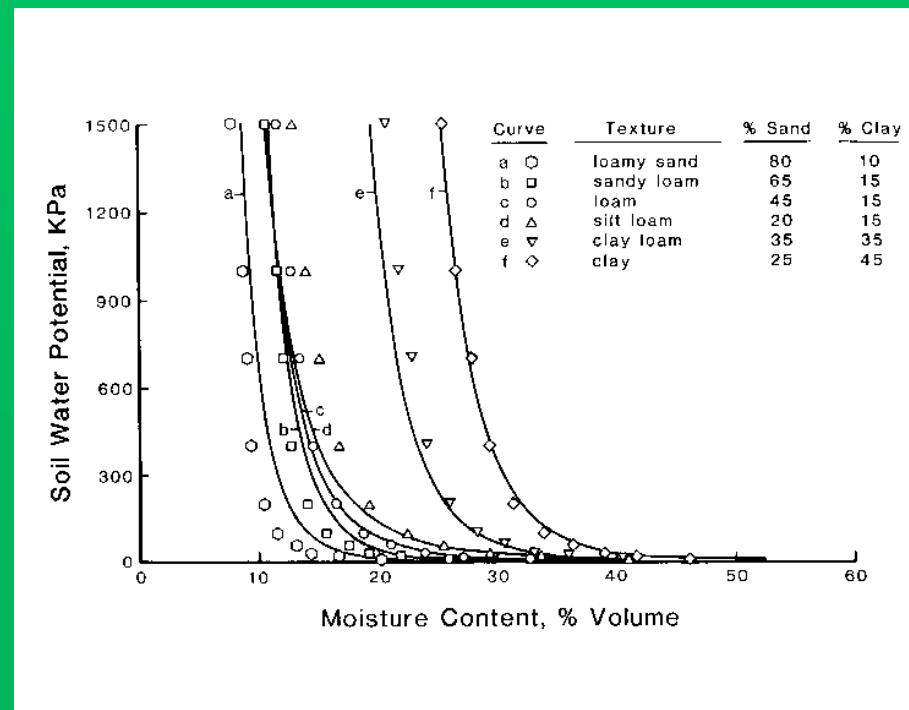
parametri	(A/S+L)		
	1/1	1/5	1/10
Porosità (V/V)	53-55	43-49	32-42
Permeabilità (mm/h)	4	13	50
Resistenza alla lisciviazione	m. alta	media	m. scarsa
V mineralizzazione S.O.	lenta	buona	m. elevata
C. Idrica max (m <sup>3</sup> /ha)	7600	5800	3000
Capacità di campo (m <sup>3</sup> /ha)	3800	2900	1500
Punto di appassimento (m <sup>3</sup> /ha)	1900	1300	700
Acqua disponibile (m <sup>3</sup> /ha)	1900	1600	800
Densità apparente (t/m <sup>3</sup> )	1.1-1.2	1.3-1.35	1.5

# Tessitura: relazioni con altre variabili del suolo

Per applicazioni modellistiche a scala regionale, sulla base della composizione granulometrica del suolo è possibile stimare la capacità idrica di campo *CIC* ed il punto di appassimento (*PA*) secondo il modello di Rawls et al. (1982) o altri:

$$CIC = 0.2576 + (-0.0020 * S) + (0.0036 * A) + (0.0299 * S_o); \quad [R=0.81]$$

$$PA = 0.0260 + (0.0050 * A) + (0.0158 * S_o); \quad [R=0.80]$$





# Sostanza organica

= sostanze umiche + residui + biomassa microbica

➤ *Fattori modulanti la dinamica della S.O. nei suoli:*

*Temperatura*

*Umidità*

*Potenziale redox*

*pH*

➤ *Tasso di mineralizzazione annuo ( $K_2$ ):*

$$k_2 = 1200 * 0.2 * (T-5) / [(A+200) * (0.3 * Ca + 200)]$$

Dove:  $T$  = temperatura media annua dell'aria ( $^{\circ}C$ )

$A$  = contenuto in Argilla (g/kg)

$Ca$  = Calcare totale (g/kg)

Oppure:  $k_2(\%) = 1200 / (A+20) * (Ca + 20)$

Dove  $A$  e  $Ca$  sono espressi in%

➤ *Massa di S.O. mineralizzata in un anno:*

$$S.O. \text{ min.}(t) = V * DA * (SO * 10^{-3}) * k_2$$

Dove:  $V$  = suolo ( $m^3$ )

$DA$  = densità apparente ( $t/m^3$ )

$SO$  = Sostanza Organica (g/kg)

# Sostanza organica

*Proprietà del suolo influenzate:*

- *Struttura e capacità di ritenzione idrica*
- *Capacità di scambio cationico*
- *Proprietà chelanti (P)*
- *Disponibilità di elementi nutritivi (N, P, S)*
- *Colore*

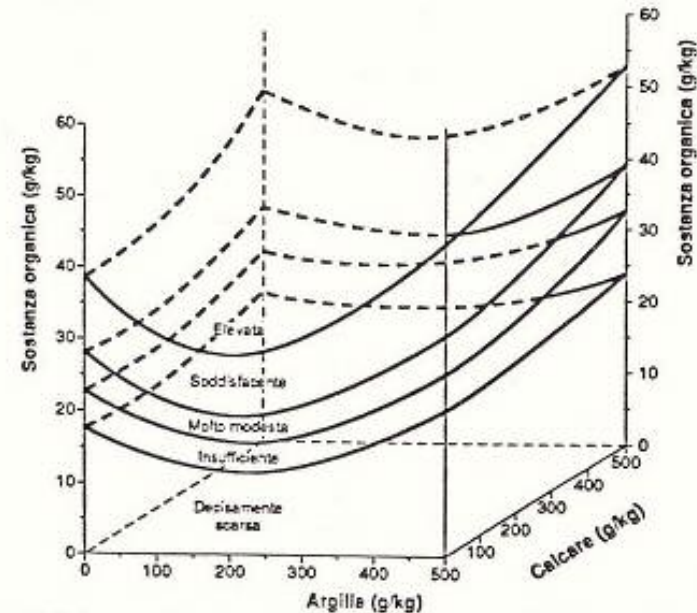


Figura b. Schema per la valutazione della sostanza organica in funzione dell'argilla e dei carbonati

*Giudizio sulla dotazione:*

Dotazione C org.	Classi tessiturali USDA		
	S, SF, FS	F, FSA, FL, AS, L	A, FA, AL, FAL
Scarsa	<7 g/kg	<8	<9
Normale	7-9	8-12	10-15
Buona	9-12	12-17	15-22
Molto buona	>12	>17	>22

# S.O. : effetto delle successioni colturali

Tempo	Coltura	C (t/ha)	N (t/ha)
0		22.8	24.4
30	Monocoltura di mais	8.3	9.4
30	Monocoltura di frumento	14.3	14.7
30	Mais - avena - frumento - trifoglio - fleolo	17.3	17.3
27	Mais - frumento - trifoglio	19.1	19.8

Contenuto ettariale di C ed N di un terreno di Rothamsted sottoposto a diversi regimi colturali. Dal 1894 le colture non hanno ricevuto concimi, né organici né minerali.

# S.O. : accorgimenti per la conservazione

- *Riduzione delle lavorazioni, soprattutto estive*
- *Interramento dei residui colturali*
- *Apporto di ammendanti (letame e compost)*
- *Avvicendamento di colture estive con colture vernine*
- *(Sovesci con piante lignificate)*
- *(Appratimento)*

# C.S.C.

= stima della quantità di cationi che neutralizzano la carica elettronegativa dei colloidi del suolo (u.m. = cmoli<sup>+</sup>/kg)

- *La carica è conferita da:*
  - le argille (colloidi minerali)*
  - le sostanze umiche (colloidi organici)*
- *I cationi che neutralizzano la carica elettronegativa dei colloidi sono:*
  - nei suoli neutri o alcalini, Ca<sup>++</sup>, Mg<sup>++</sup>, K<sup>+</sup>, Na<sup>+</sup>,*
  - nei suoli acidi, Ca<sup>++</sup>, Mg<sup>++</sup>, K<sup>++</sup>, Na<sup>++</sup>, H<sup>+</sup>, Al<sup>3+</sup>*
- *Ripartizione indicativa dei cationi sul complesso di scambio al netto della quota occupata dagli ioni idrogeno:*

<i>Ca<sup>++</sup></i>	<i>70-80 %</i>	<i>(carenze se Ca sc. &lt; 1000 - 2000 mg/kg)</i>
<i>Mg<sup>++</sup></i>	<i>10-15 %</i>	<i>(carenze se Mg sc. &lt; 100 mg/kg)</i>
<i>K<sup>+</sup></i>	<i>2-5 %</i>	
<i>Na<sup>+</sup></i>	<i>&lt;1 %</i>	

# C.S.C.

- *I cationi adsorbiti sul complesso di scambio sono in equilibrio dinamico con quelli presenti nella soluzione circolante del suolo*



*fattore capacità per Ca, Mg, K*

- *Giudizio sulla C.S.C.:*

<i>Bassa</i>	<i>&lt; 10</i>	<i>cmol+/kg</i>
<i>Media</i>	<i>10-20</i>	<i>"</i>
<i>Alta</i>	<i>&gt;20</i>	<i>"</i>

- *$G.S.B. = \frac{\text{Somma basi di scambio (cmol+/kg)}}{C.S.C. (cmol+/kg)} * 100$*

*(correlato con la differenza tra  $pH_{H_2O}$  e  $pH_{KCl}$ )*

- *Innalzamento della C.S.C.: con apporti di sostanza organica*

# Dinamica dell'azoto nel suolo



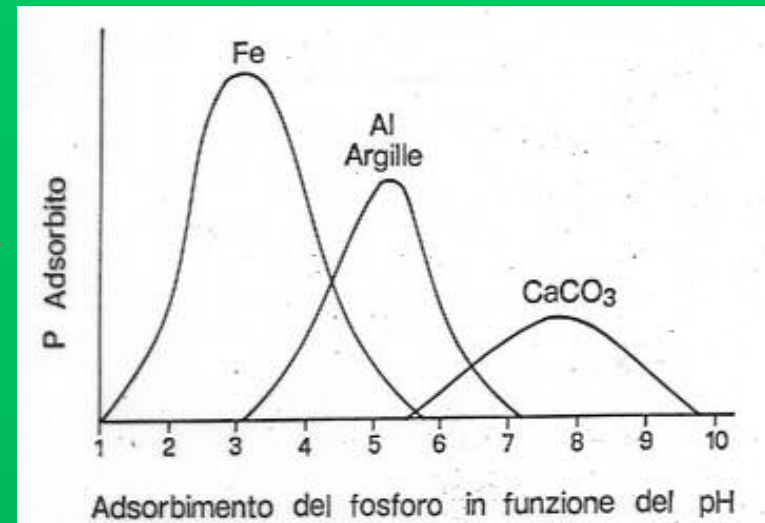
# Fosforo

Forme organiche: acidi nucleici, fosfolipidi, fitina, ATP ecc.

Forme minerali: Sali di Fe e Al, **nei suoli acidi**  
Sali di calcio, **nei suoli alcalini**

## Dinamica del fosforo nel suolo:

Chimica (prevalente) **determinata dal pH** →



Biologica **mineralizzazione** ↔ **immobilizzazione nella biomassa microbica**



# Fosforo: apporti e asportazioni

## Apporti:

- dissoluzione dei fosfati insolubili
- mineralizzazione della sostanza organica
- fertilizzanti

## Asportazioni

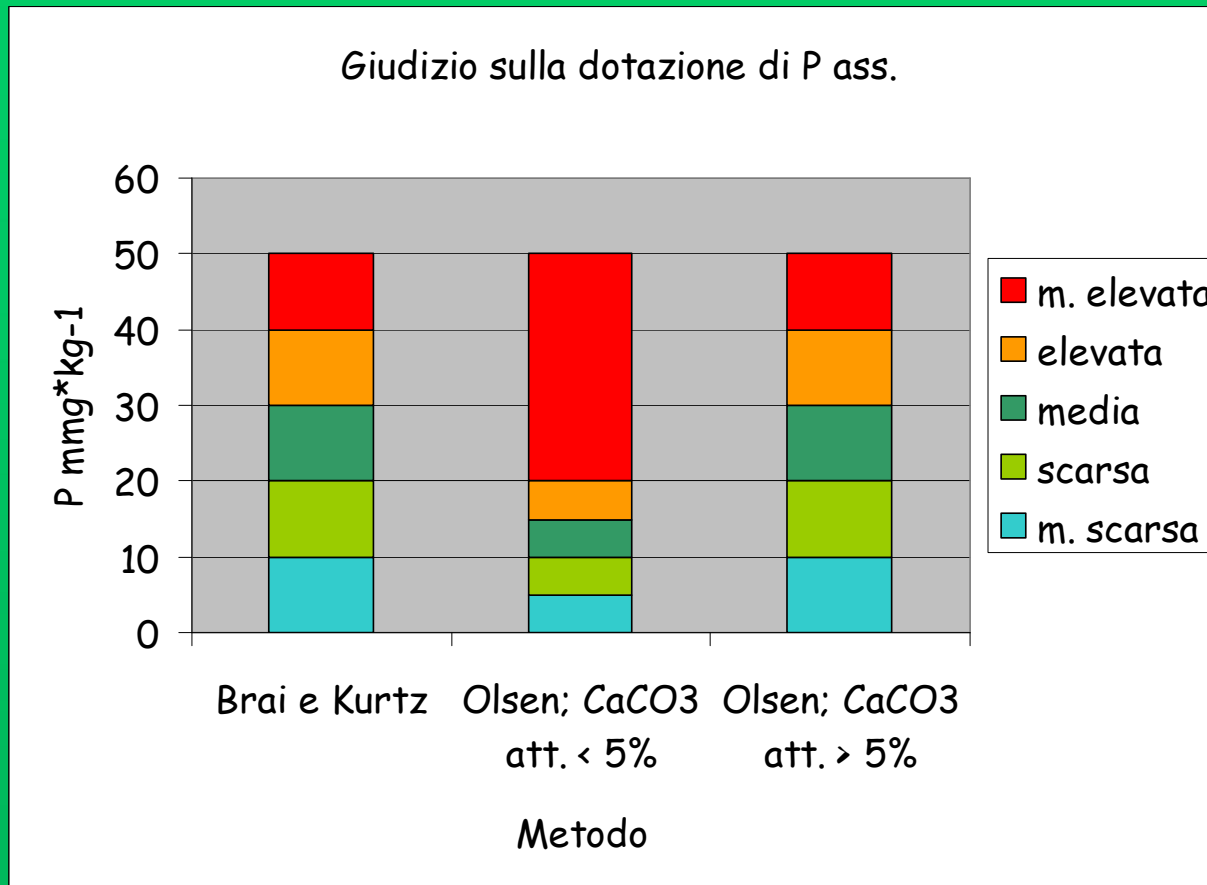
- Colture ( il mais: 9,4 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/t di produzione tot.)
- erosione
- (lisciviazione < 1kg P/anno)

## Stima della tendenza all'immobilizzazione

$$P_2O_5 \text{ immobilizzato (\%)} = (0.02 * CaCO_3\% + 0.0133 \times A\%) \times 100$$

Dell'immobilizzazione si tiene conto per aumentare eventualmente la dose di arricchimento.

# Fosforo: giudizio sulla dotazione assimilabile

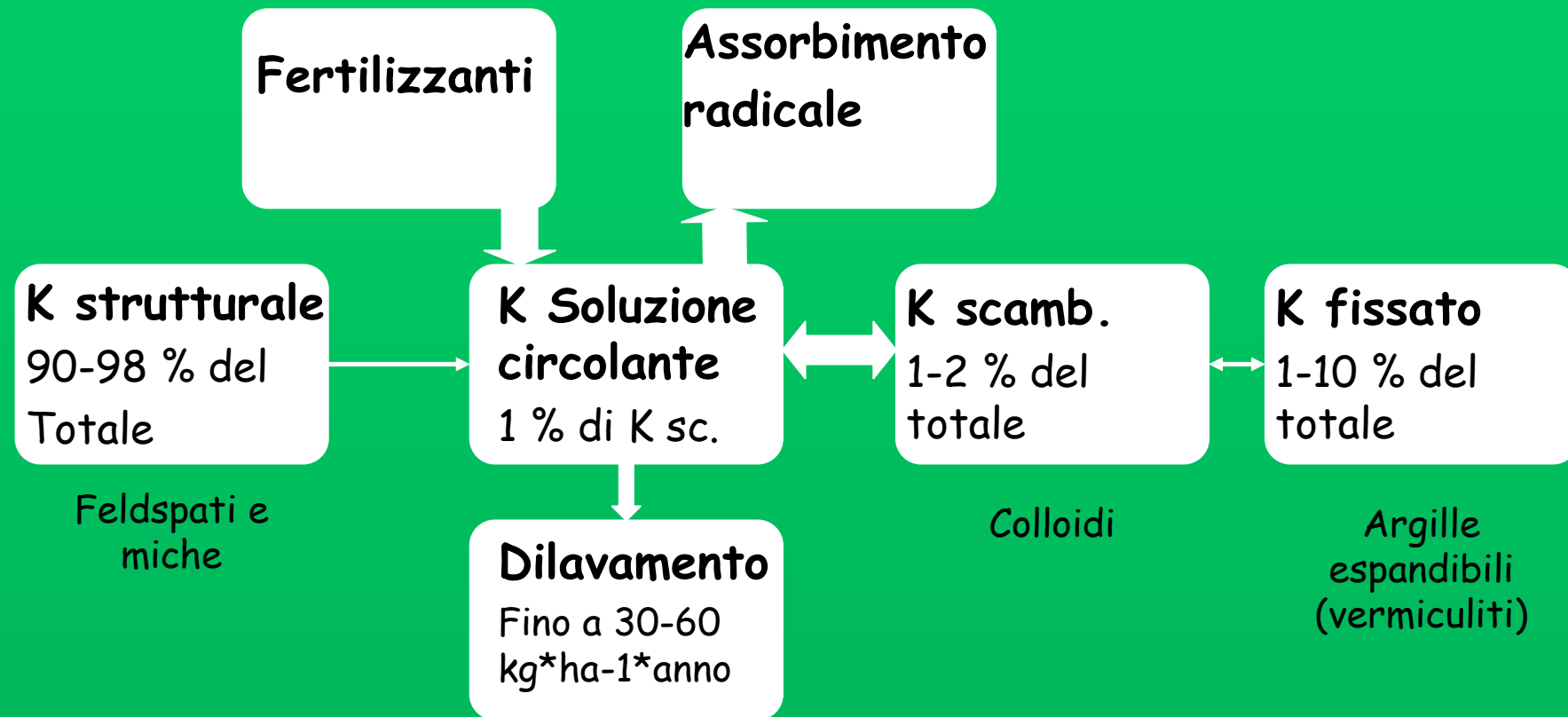


Correlazione con: pH

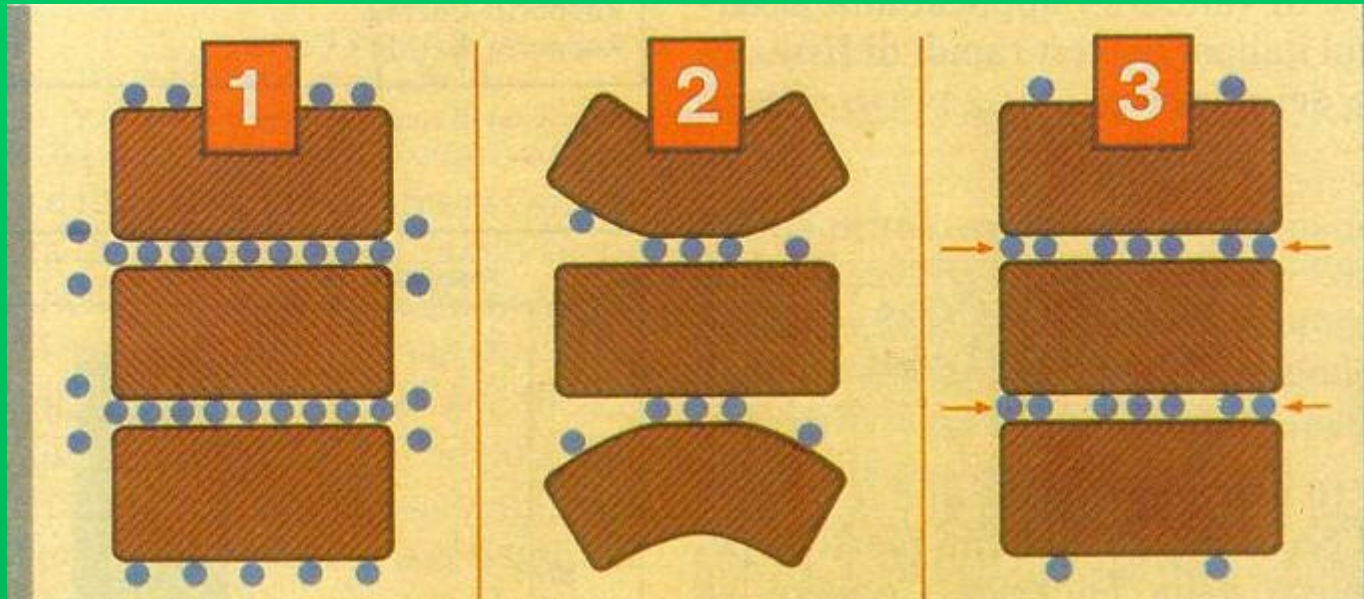
tessitura (argilla)

sostanza organica

# Potassio: dinamica nel suolo



# Potassio: fissazione nelle argille espandibili



Il potere di fissazione può variare dall'1 al 80 % dipendentemente da contenuto e mineralogia delle argille e dall'andamento meteorologico

# Potassio: fattori d'interpretazione

- Rapporto Mg/K (compreso tra 2 e 5; valori in cmol+/kg)
- C.S.C. (alla variazione unitario della CSC è necessario una variazione di 2 mg/kg di Ksc nel limite tra dotazione scarsa e media)
- Tipo di colloidi (a parità di CSC i suoli argillosi rispetto a quelli organici richiedono maggiori dotazioni di Ksc)

Dotazione	Mg scamb. Mg*kg <sup>-1</sup>		
	<150	150-300	>300
Molto scarsa	0-50	0-60	0-75
Scarsa	50-100	60-120	75-150
Media	100-150	120-180	150-225
Elevata	150-200	180-240	225-300
Molto elevata	>200	>240	>300

Giudizio sulle dotazioni di Ksc (mg/kg) per una CSC di riferimento pari a 20cmol+/kg

Stimma dell'immobilizzazione:

$$K_2O \text{ fissato (\%)} = (0.033 + 0.0166 \times A\%) \times 100$$