

Agronomia e chimica agraria

**Testo da consultare (disponibile in biblioteca):
Giardini L., Agronomia generale, ambientale e territoriale,
Patron Editore, Bologna (2001)**

AGRONOMIA

Deriva da due parole greche
campo e norma

agros

nomos

**Complesso di norme che
regolano la conduzione dei
campi**

AGRONOMIA

- E' la scienza che studia

Le influenze reciproche fra ambiente ed agricoltura

Gli interventi dell'uomo sui fattori che determinano la produzione vegetale agraria

Le risposte qualitative e quantitative a detti interventi

Ambiente x Colture

Terreno

Clima

Colture

Tecniche agronomiche

Produttività e qualità delle produzioni
vegetali e dell'ambiente

Terreno

Generalità

- **Profilo**
- **Costituenti**

Proprietà chimiche e biologiche

- **pH**
- **Sostanza organica**
- **Cap. scambio ionico**
- **Elementi nutritivi**
- **Salinità**
- **Altre proprietà**

Proprietà fisiche

- **Granulometria**
- **Porosità**
- **Struttura**
- **Acqua e terreno**

Clima

Radiazione

Luce

Temperatura

Idrometeore

Generalità

**Generalità
Fotoperiodo**

**Effetti
Termoperiodo
Vernalizzazione**

**Umidità aria
Pioggia
Brina
Grandine
Evapotrasp.**

Difesa da avversità climatiche

Tecniche agronomiche

Sistemazioni idrauliche

Pianura

Collina

Lavorazioni principali

Lavorazioni complementari

Semina

Concimazioni

Lavoraz. consecutive

Diserbo e difesa

Irrigazione

Raccolta

Agricoltura in Italia

Superficie agricola nel mondo: 1.500 milioni ha

Superficie italiana: 30 milioni ha (301.000 km²)

SAU (Superficie Agricola Utilizzata): 13,2 milioni ha

Seminativi: 7,3 milioni ha

Prati e pascoli: 3,4 milioni ha

Coltivazioni arboree: 2,5 milioni ha

Superficie agricola totale: 19,6 milioni ha

Colture boschive: 4,7 milioni ha

Altro: 1,7 milioni ha

Principali colture erbacee

Cerealicole

Leguminose da granella

Piante oleifere

Piante da zucchero

Piante da fibra

Orticole in pieno campo

Orticole in serra

Foraggere

Colture cerealicole 2006

Frumento duro e tenero
1.342.000 ha + 582.000 ha

Orzo
330.000 ha

Avena, segale, triticale
165.000 ha

Mais
1.107.000 ha

Sorgo da granella
39.000 ha

Riso
230.000 ha

Leguminose da granella

Soia 177.000, fava, fagiolo, pisello, cece, lenticchia ecc.

Piante oleifere

Colza, soia, girasole 144.000, arachide

Piante da zucchero

Barbabetola da zucchero 90.000, canna da zucchero

Foraggiere temporanee 2006

2.050.000 ha

Foraggiere permanenti 2006

4.280.000 ha

Coltivazioni legnose 2006

Frutta

460.000 ha

Agrumi

180.000 ha

Olivo

1.150.000ha

Vite

800.000 ha

Terreno

Generalità

- **Profilo**
- **Costituenti**

Proprietà chimiche e biologiche

- **pH**
- **Sostanza organica**
- **Cap. scambio ionico**
- **Elementi nutritivi**
- **Salinità**
- **Altre proprietà**

Proprietà fisiche

- **Granulometria**
- **Porosità**
- **Struttura**
- **Acqua e terreno**

Terreno

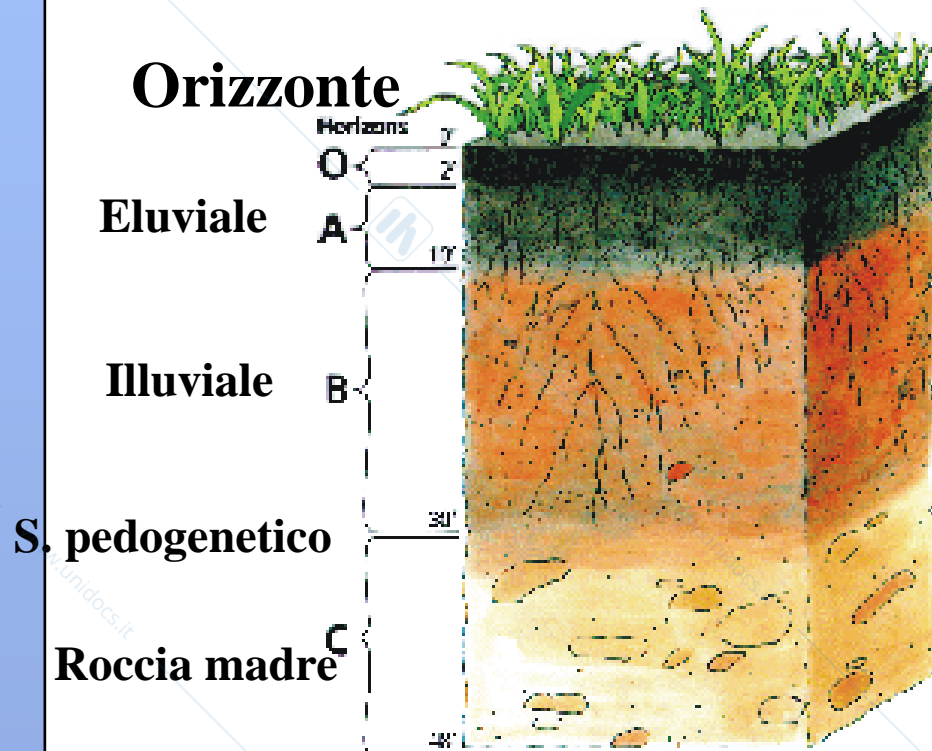
Strato superficiale delle terre emerse nel quale le piante possono espandere il loro apparato radicale traendone sostegno meccanico e nutrimento di acqua e sali

Fattori della pedogenesi

Alternanza delle temperature

Gelo, radici, vento acqua, ossigeno

Profilo del terreno o stratigrafia

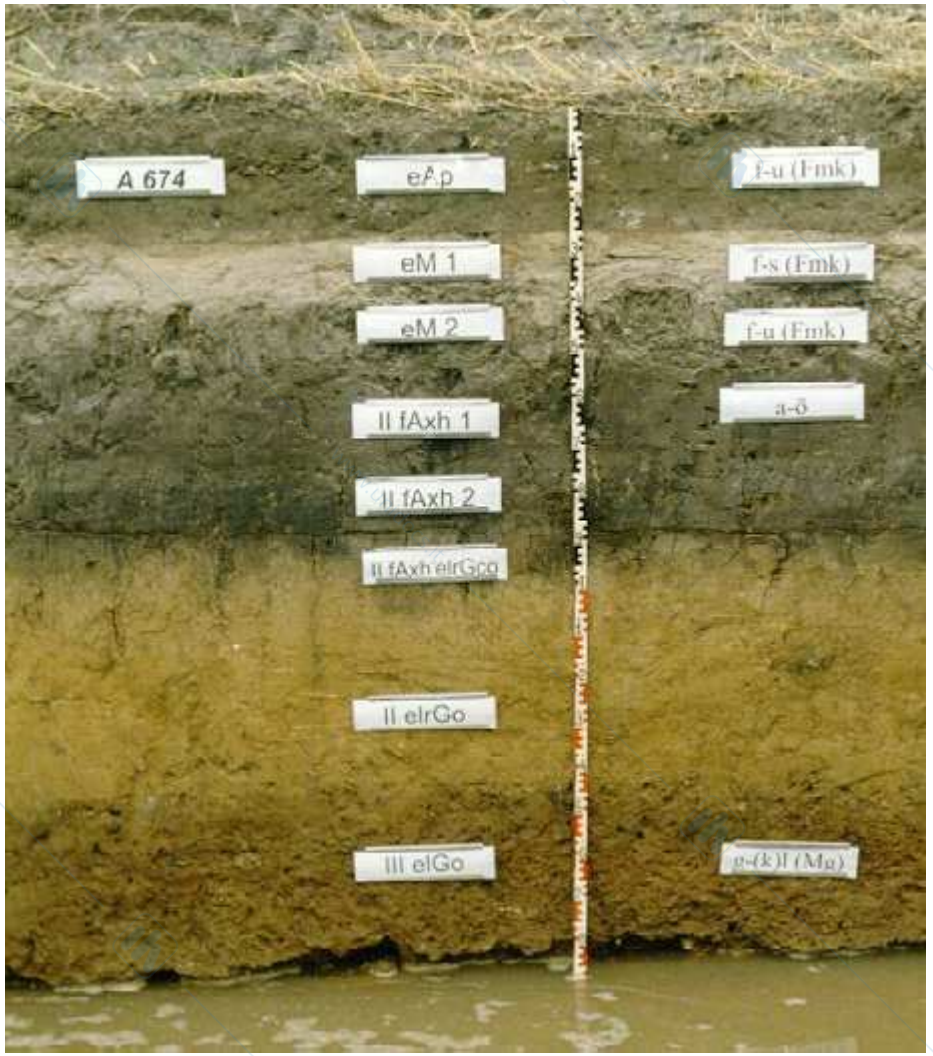
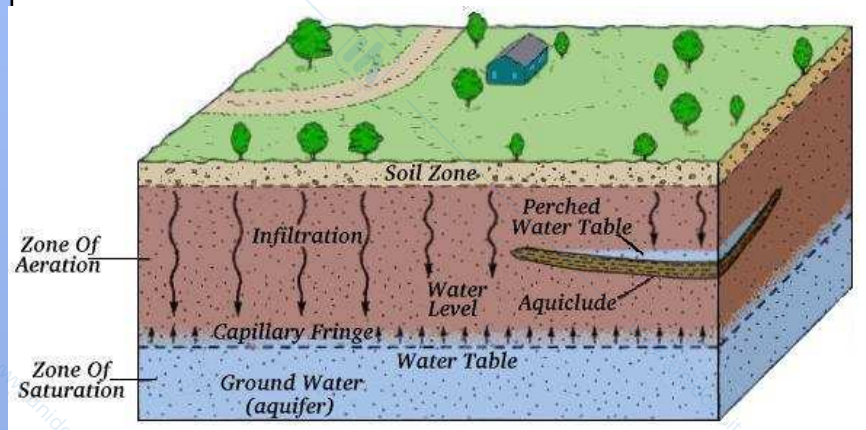


Terreno naturale



Terreno agrario

Presenza di falda freatica



Terreni autoctoni ed alloctoni

A seconda dall'origine del terreno

Terreni profondi e superficiali

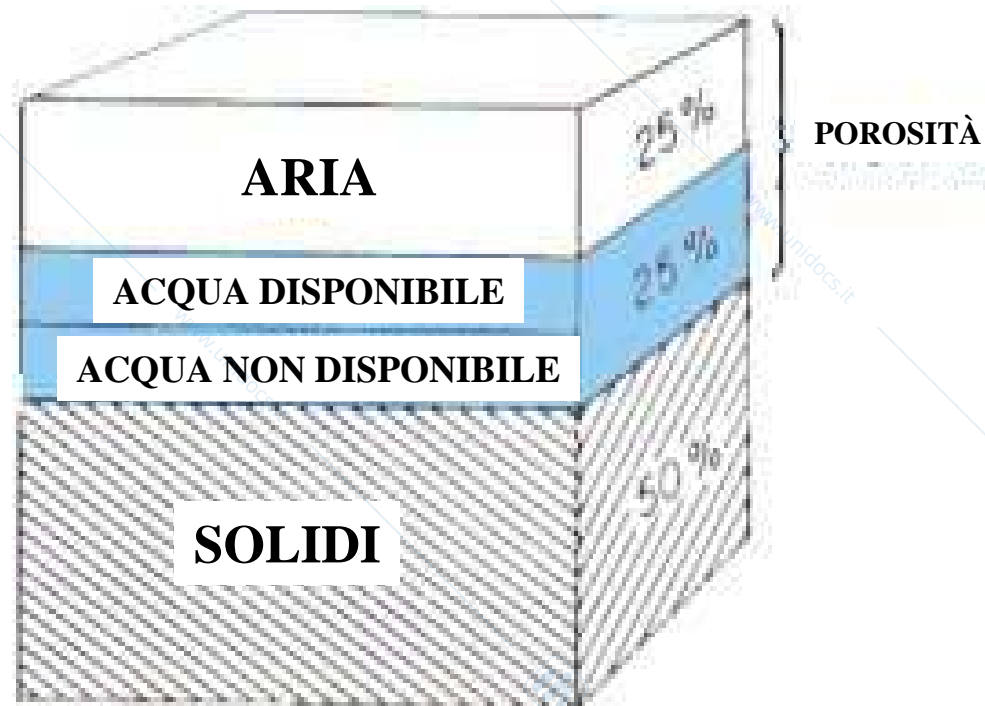
A seconda dell'altezza strato attivo

Produttività in funzione dell'altezza dello strato attivo

Profondità (cm)	Indici di potenzialità agricola (%)
< 30	20
31-60	50
61-90	80
91-120	100

Sistema complesso

**Ripartizione del volume in un terreno coltivato,
con terreno umido**



PARTE SOLIDA DEL TERRENO: SOSTANZE MINERALI, ESSERI VIVENTI, SOSTANZA ORGANICA

SOSTANZE MINERALI

- derivano dal materiale roccioso originario
- particelle diverse per dimensione, composizione e proprietà chimico-fisiche
- alcune sono simili alla roccia madre (es. quarzo),
- altre sono trasformate (es. da idrolisi feldspati e miche → argille)

ARGILLE

- silicati idrati di Al con struttura lamellare
- dimensione colloidale ($< 2 \mu\text{m}$)
- grande rapporto superficie volume
- hanno carica negativa negli spazi interlamellari possono adsorbire cationi ed acqua

LIMO, SABBIA

OSSIDI E IDROSSIDI

da composti del Si, Fe e Al che non hanno dato origine ad argille ma a forma paracristalline con funzioni di colloidali positivi

SOSTANZA ORGANICA

- sono tutti i resti degli organismi (di origine vegetale ed animale) che vivono nel terreno
- dalla decomposizione di alcuni composti (es. aminoacidi e zuccheri) si originano rapidamente acqua, CO₂ e sali inorganici, per altri nella decomposizione vi è una fase intermedia (umificazione) che forma l'**humus**

Nel terreno agrario valori di sostanza organica tra 1-4%

FORME DI VITA TERRICOLE

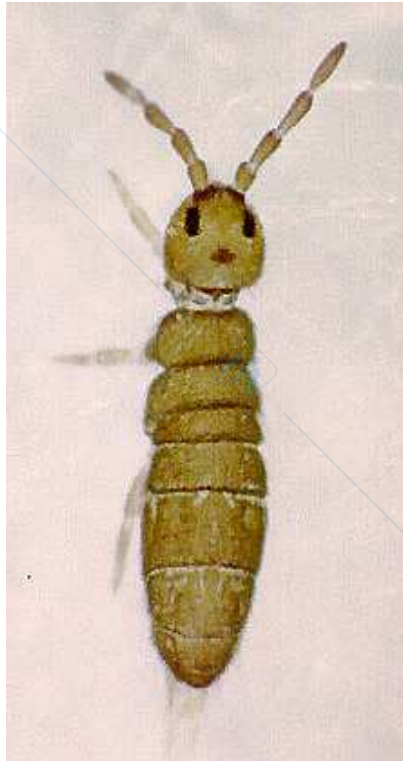
1-10% del peso secco della Sostanza Organica (primi 30 cm)

FAUNA TERRICOLA

- **Microfauna:** < 0,1 mm, protozoi, nematodi
- **Mesofauna:** 0,1-10 mm, artropodi: acari, collemboli
- **Macrofauna:** > 10 mm, insetti, lombrichi, altri artropodi

FLORA TERRICOLA

- **Batteri:** anaerobi e aerobi, prevalentemente eterotrofi
- **Attinomiceti:** unicellulari, aerobi, eterotrofi
- **Funghi:** saprofiti, alcuni dannosi, micorrize
- **Alghe:** poco presenti



collemboli



acari



nematodi

PROPRIETÀ CHIMICHE

pH, capacità di scambio ionico, percentuale di sodio scambiabile, salinità

Dipendono da: natura della roccia madre vulcanica (*lave sup.*) basiche ricche di P, K e Ca; lavica (*lave sotterranee*) acide o neutre, povere di P e K), clima, vegetazione, microrganismi, pratiche agricole

Fase liquida del terreno

Detta anche soluzione circolante, formata da acqua e sostanze in essa disciolte

Importante la sua composizione e concentrazione (0,5-1,2‰)

Cationi: Ca^{++} , Mg^{++} , K^+ , NH_4^+ , Na^+

Anioni: PO_4^{--} , Cl^- , NO_3^- , SO_4^{--}

Da essa dipende la nutrizione delle piante

Equilibrio dinamico tra soluzione e fase adsorbita

pH DEL TERRENO

Influenza i microrganismi (pH < 5,5 dannoso per batteri, utile per funghi) e l'assorbimento degli elementi nutritivi

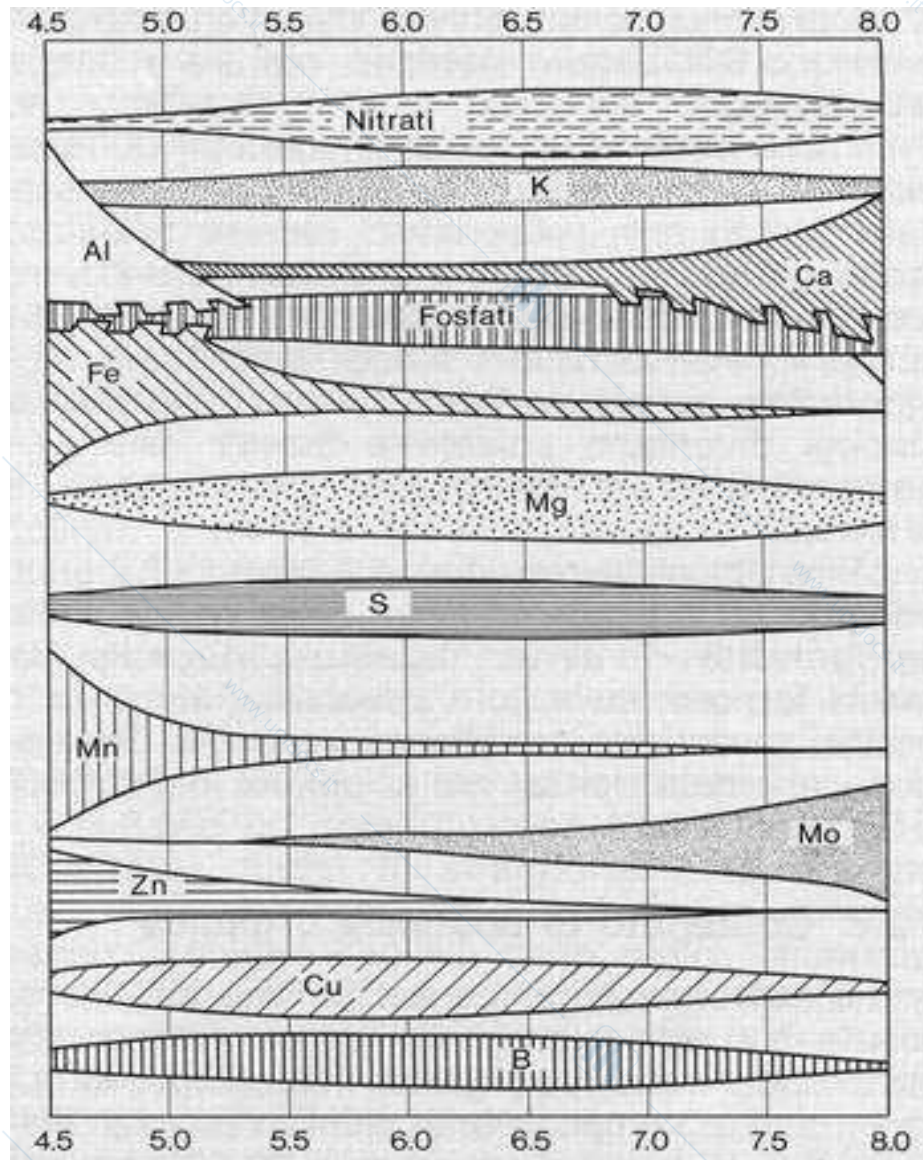
Diversa è la tollerabilità delle piante al pH

Classificazione in relazione al pH

Terreni	pH
peracidi	< 5,3
acidi	5,4 - 5,9
subacidi	6,0 - 6,7
neutri	6,8 - 7,2
subalcalini	7,3 - 8,1
alcalini	8,2 - 8,8
peralcalini	> 8,8

Si misura in una sospensione di terreno e acqua 1:2,5

Variazione dell'assimilabilità di alcuni elementi in funzione del pH



Capacità di Scambio Cationico (CSC)

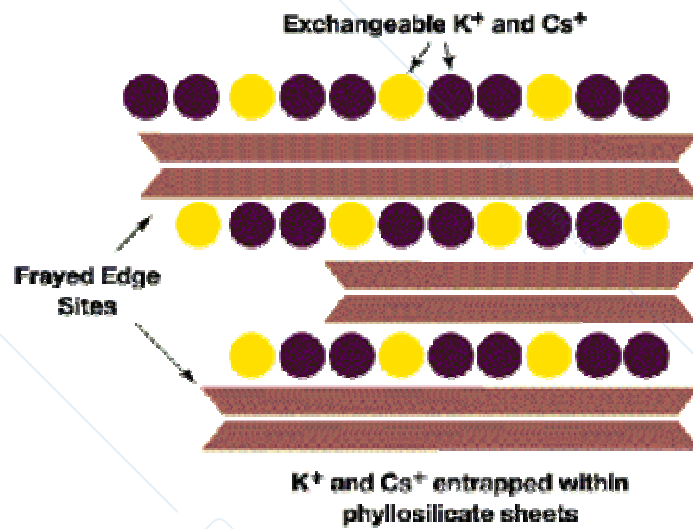
- Definisce il potere assorbente del terreno: quantità di cationi adsorbita da 100 g di terreno. Si esprime in **meq/100 g** di terreno
- La maggior parte dei colloidi del terreno sono negativi: su di essi vengono adsorbiti i cationi
- Abbondanza di cationi nel terreno:
 $\text{Ca} > \text{Mg} > \text{K} > \text{Na} > \text{H} > \text{Al} > \text{NH}_4 > \text{Fe}$

Definizione convenzionale di CSC

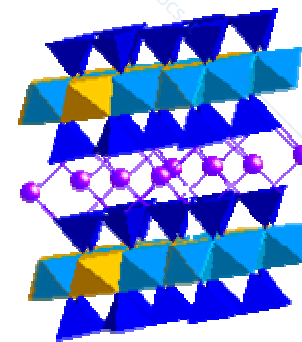
meq/100 g	CSC
< 6	molto bassa
6 – 12	bassa
13 – 25	media
26 – 40	alta
> 40	molto alta

- La CSC dipende da qualità e quantità di colloidali: presenza di argilla e di sostanza organica

	CSC (meq/100 g)
kaolinite	10
illite	20 - 40
montmorillonite	80 - 120
humus	200 - 500



illite



montmorillonite

Percentuale di sodio scambiabile (PSS)

Sodio è negativo per molte proprietà fisiche del terreno: tossico, defloccula le argille, interferisce con assorbimento di altri ioni

PSS: quota percentuale di CSC saturata da **Na**

es. CSC = 30 meq/100 g, totale Na 3 meq/100g

$$\text{PSS} = \frac{3}{30} \times 100 = 10$$

Con valore di PSS > 15 il terreno viene definito **sodico**

Terreni con pH > 8,5 e PSS > 15: terreno **alcalino-sodico**

Salinità

Si misura sulla base del valore di conducibilità elettrica (CE) nell'estratto saturo del terreno oppure dal contenuto di sali solubili

Terreno salino: CE > 4 ms/cm o sali solubili > 2 ‰

Salinità data da solfati e cloruri

Elevata concentrazione nella soluzione aumenta potenziale osmotico

Cause: falde con acque saline, scarsa piovosità

Rimedi

- Colture tolleranti: bietola, orzo, frumento (fino 8 ad mS/cm)
- Irrigazioni dilavanti, previo accertamento dell'assenza di strati impermeabili
- Drenaggio tubolare profondo in presenza di falda salina

ELEMENTI NUTRITIVI

Le piante assorbono gli elementi come ioni disciolti in acqua.

Azoto

Prevale nella frazione organica. Quello assimilabile (NO_3) deriva dalla mineralizzazione della SO, non trattenuto dai colloidali perciò dilavabile

Un terreno con il 3% di SO contiene 1,5% di N totale, pari a 6000 kg/ha. Nei primi 30 cm la disponibilità di NO_3 è però di poche decine di kg e muta nel tempo

< 1% di N = terreni poveri di N

1- 1,5% = mediamente dotati

1,5 - 2,2% = ben dotati

2,2 - 5% = ricchi

Fosforo

I terreni del pianeta sono poveri di fosforo

Trae origine da rocce che contengono fosfati di Ca, Fe Al

La frazione di P organico è in quantità modesta

Il valore di P totale è agronomicamente non significativa

L'assimilabile, variabile, è sotto forma di H_2PO_4^- , è solubile

Oltre alla quota solubile vi è una quota scambiabile sotto forma di vari ioni fosforici, anch'esso assimilabile e non dilavabile

Fe e Al bloccano le forme assimilabili

Presenza di Ca origina fosfato tricalcico poco solubile (solo le leguminose lo assorbono un po')

Potassio

Prevale la forma minerale. I terreni del pianeta ne sono spesso dotati (per ricchezza feldspati e miche)

Poveri i terreni molto dilavati

È presente spesso in forma insolubile

Forma in cui è presente K nel terreno

- * costituente dei minerali (non assimilabile)
- * negli spazi interlamellari(non assimilabile)
- * adsorbito (parzialmente assimilabile)
- * piccola parte in soluzione (assimilabile)

Il contenuto in K varia dallo 0,1% al 4%
E' fortemente adsorbito non dilavabile

Importante il contenuto di K_2O (solubile + scambiabile), per il quale però non abbiamo metodi analitici di vero significato agronomico

Mineralizzazione della SO

È un processo complesso che interessa i residui organici nel quale possiamo riconoscere tre fasi:

- a) idrolisi (amido in zuccheri e proteine in amminoacidi)
- ossidazione dei composti aromatici(polifenoli)
- b) disgregazione meccanica ad opera di meso e macro fauna
- c) ossidazione dovuta a microfauna e microflora con produzione di energia, H_2O , CO_2 e ioni minerali

Il processo è influenzato dalle condizioni ambientali e dal tipo di residuo (>lignina = < degradazione)

Umificazione

Quando le caratteristiche dei residui o le condizioni ambientali provocano una mineralizzazione lenta le sostanze più resistenti si concentrano, originando l'humus

- **humus:** materiale organico amorfo, colloidale, risultante dalla mineralizzazione di diverse sostanze (es. lignina). L'humus si decompone lentamente mineralizzando liberando sostanze nutritive

Velocità di mineralizzazione in relazione al tipo di sostanze

Zuccheri < amido < proteine < emicellulosa < cellulosa < lignina
< cere < resine < tannini

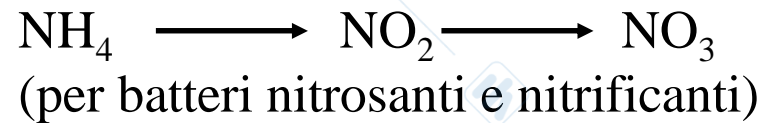
CARATTERISTICHE DELL'HUMUS

Molto uniforme, colloide elettronegativo
Importante fattore di fertilità



Nitrificazione

Dalla mineralizzazione si origina NH_4^+ (fissato dal terreno)
Le piante assorbono soprattutto la forma ossidata NO_3



Basse temperature e scarsa aerazione rallentano la nitrificazione

Denitrificazione

È un processo nocivo che trasforma l'N nitrico in N elementare o in ossidi gassosi

La scarsa aerazione favorisce il processo (per batteri denitrificanti)

Fissazione N atmosferico

Azotofissatori non simbiotici (importanza limitata)

Azotofissatori simbiotici (*Bacillus radicicola* leguminose)



FISICA DEL TERRENO

La fisica del terreno agrario mira a dare un'interpretazione delle caratteristiche fisico meccaniche del terreno agrario tenendo conto della presenza dell'acqua

Il terreno è costituito da parte solida, liquida e gassosa.

$$(V_l \text{ volume dei liquidi}) + V_s \text{ (volume dei solidi)} + V_a \text{ (volume dell'aria)} = V_t$$

(Volume totale)



PROPRIETÀ FISICHE

Tessitura, porosità, struttura ed altre proprietà

Tessitura (o granulometria)

Costituzione della parte solida del terreno espressa come percentuale in peso delle particelle classificate per categorie convenzionali di diametro

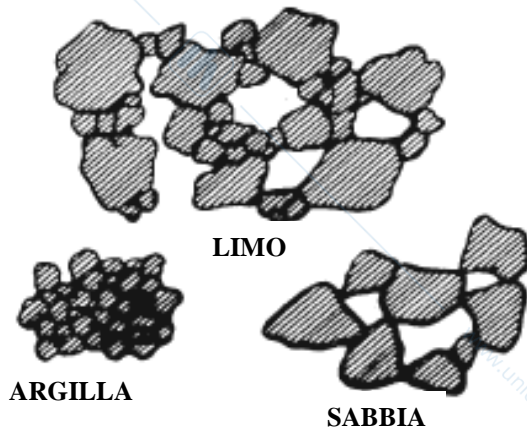
Scala granulometrica internazionale:

Classi granulometriche	Diametro delle particelle
Scheletro	
Pietre e ciotoli	$> 10 \text{ mm}$
Ghiaia	$5 \div 10 \text{ mm}$
Ghiaino	5 mm
Terra fine	$< 2 \text{ mm}$
Sabbia grossa } Sabbia fina }	$2 \div 0,2 \text{ mm}$ $0,2 \div 0,02 \text{ mm}$
Limo	$0,02 \div 0,002 \text{ mm}$
Argilla	$< 0,002 \text{ mm}$

Esiste la scala americana nella quale il limo è $0,05 \div 0,002$ mm

La tessitura fornisce una prima idea sulle caratteristiche fisiche, chimiche e biologiche del terreno

Superficie per unità di massa o di volume: superficie specifica



La superficie specifica di una pietra cubica di 1 cm di lato = $6 \text{ cm}^2/\text{cm}^3$

Frazionandola allo stato colloidale (0,001 mm di lato), la superficie specifica diventa $600.000 \text{ cm}^2/\text{cm}^3$

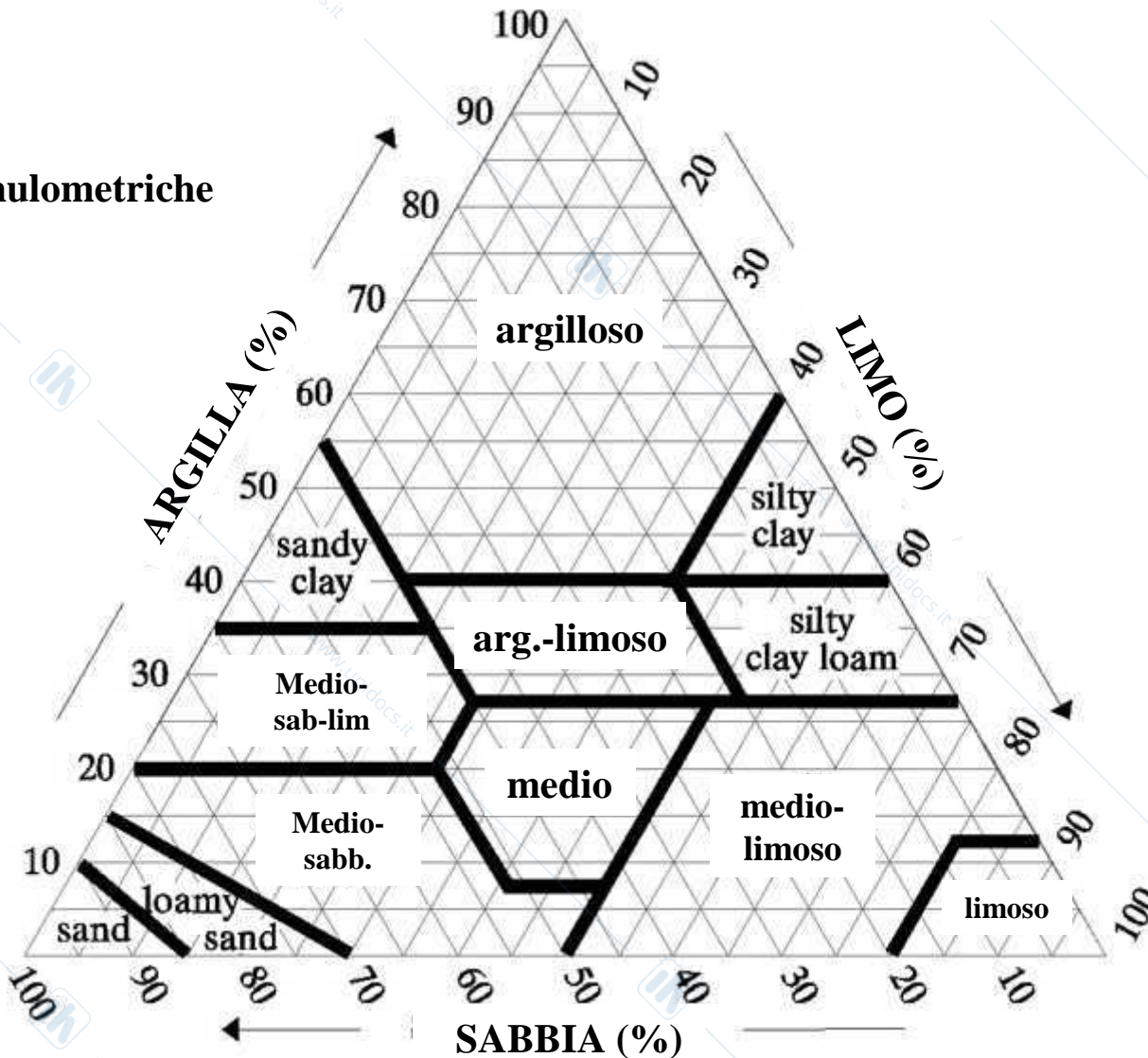
Per questo l'importanza relativa delle varie frazioni è diversa

Terreni sabbiosi se sabbia $> 80\%$, argillosi se argilla $> 30\%$.

Dai dati di un'analisi granulometrica si risale al tipo di terreno mediante il triangolo della tessitura

Triangolo delle tessitura

12 classi granulometriche



Porosità

Esprime il grado in cui il terreno è permeato da **pori**

Si esprime in %, ed esprime la percentuale del volume totale del terreno che è occupata da aria ed acqua:

$$P = V_a + V_l$$

Valori orientativi della porosità del terreno

Tipo di terreno	Porosità (%)
argilloso compatto	40
medio impasto	50
sabbioso	40
torboso	80



Caratteristica mutevole nel tempo

Molto importante è la distribuzione e la frequenza dei pori:

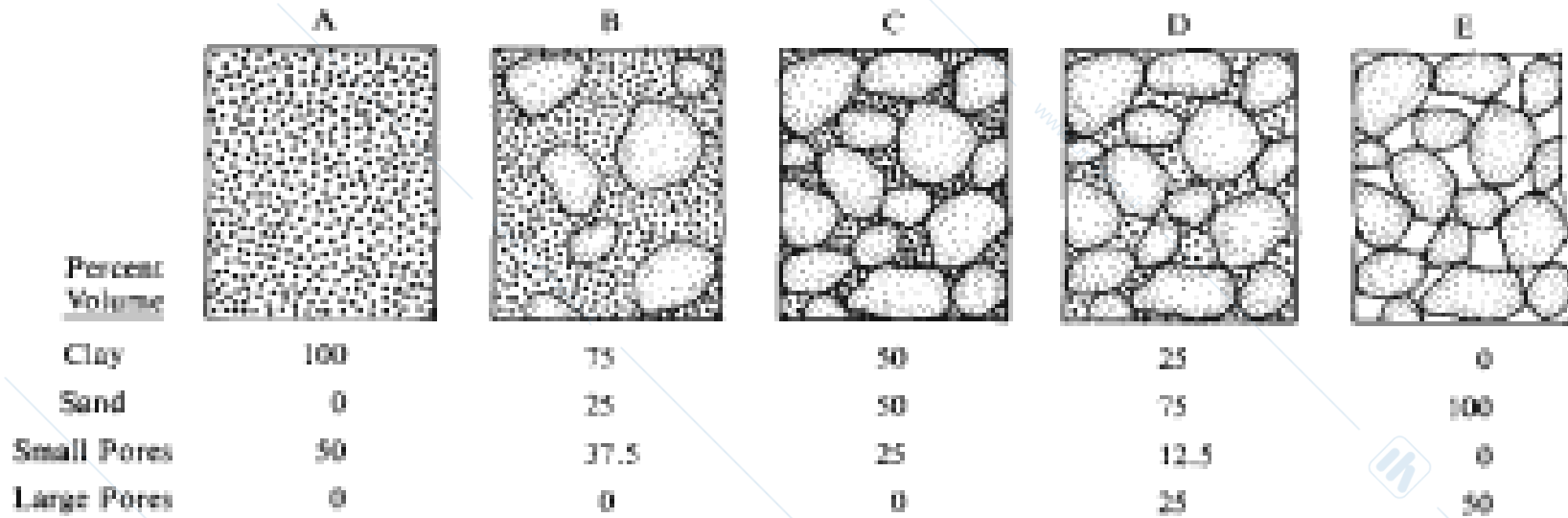
per le **radici necessità di pori con diametro > 200 μm**

Per **drenaggio pori > 20 μm**

Microporosità: volume totale dei pori con diametro $< 10 \mu\text{m}$
 Trattiene l'acqua per capillarità

Macroporosità: volume totale pori con diametro $> 10 \mu\text{m}$

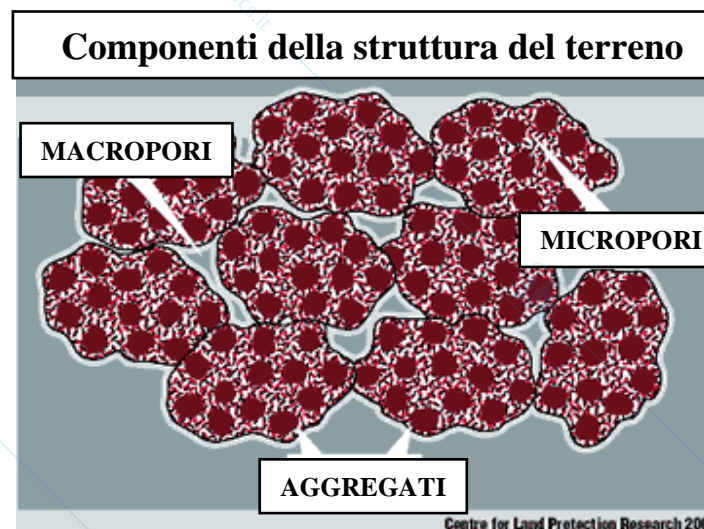
Eccesso di macroporosità: molta aria, poca acqua
 Eccesso di micro: asfissia, scarsa infiltrazione



Struttura del terreno

E' relativa a come sono disposte le particelle costituenti (sabbia, limo, argilla): disposizione spaziale e legami di determinata intensità

Determina il grado di porosità del terreno

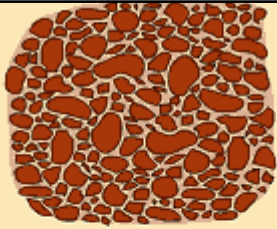


zolle	diametro > 10 cm
zollette	tra 10 e 1 cm
grumi o glomeruli	tra 1 e 0,1 cm
microaggregati	< 0,1 cm

Stato astrutturale: le particelle sono fra loro indipendenti (disperse) e si dispongono secondo il massimo assestamento

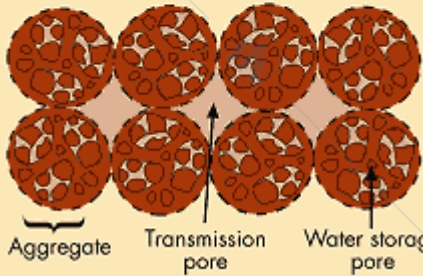
Stato strutturale (glomerulare): le particelle sono aggregate e formano glomeruli (0,1-0,5 cm)

Terreno astrutturato



Particles are packed as close together as possible. High density, low porosity.

Terreno strutturato



Particles are formed into aggregates and are loosely packed. Low density, high porosity.

Agenti cementanti: colloidali organici, ossidi di Fe e Al

Proprietà mutevole nel tempo

Importante per crescita radici, movimento dell'acqua, areazione, microrganismi

In assenza di struttura: crosta, ristagno, asfissia



Demolizione della struttura

- azione battente dell'acqua, calpestio
- lavorazioni su terreno bagnato o troppo asciutto
- ossidazione cementi organici (eccesso di lavorazioni)
- sommersione (disgrega i cementi organici)
- presenza di Na (deflocculazione dei colloidi argillosi)

Ripristino della struttura

- presenza di cementi organici ed inorganici
- alternanza di secco e bagnato, di gelo e disgelo
- vegetazione, colture poliennali, fauna terricola



RELAZIONI ACQUA E TERRENO

L'acqua nel terreno è soggetta ad un complesso di forze che la trattengono:
l'acqua è in tensione

Potenziale idrico totale

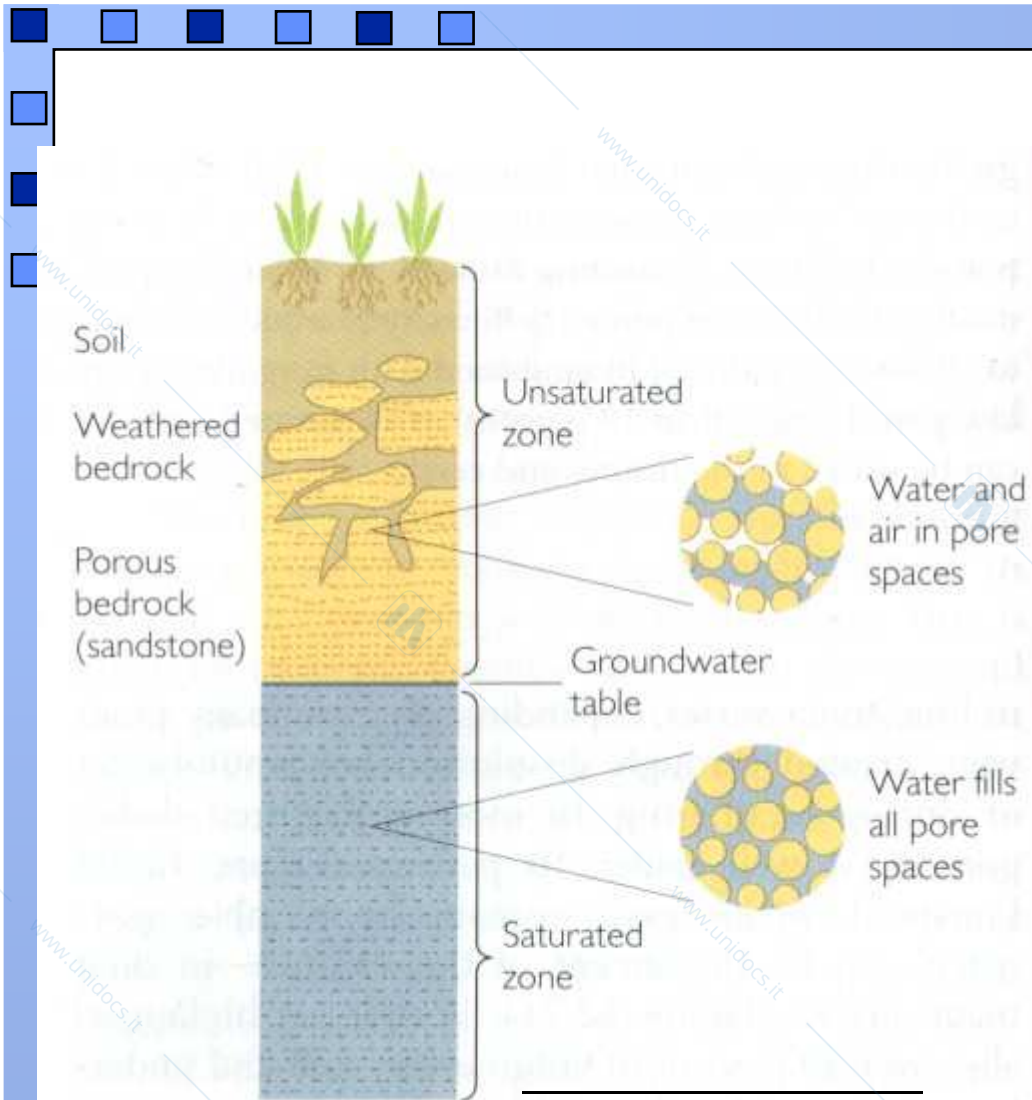
Lavoro richiesto per estrarre dal terreno una quantità unitaria di acqua

Il potenziale può essere **positivo, nullo o negativo.**

Positivo: l'acqua tende a sfuggire al sistema, può compiere un lavoro (es. falde artesiane in pressione)

Nulla: l'acqua satura il terreno (terreno saturo e falde freatiche)

Negativo: è necessario compiere un lavoro (suzione) per sottrarla al sistema (terreno insaturo)



Componenti del potenziale:

Potenziale matriciale:

- imbibizione e adsorbimento sui colloidi
- fenomeni di capillarità

Potenziale gravitazionale:

dipende dal peso del liquido e dall'attrazione terrestre

Potenziale osmotico:

provocato dai sali disciolti. Tanto più alta è la pressione osmotica, tanto maggiore è lo sforzo della pianta per assorbire acqua

La somma dei tre potenziali è il **potenziale idrico totale**

Il potenziale idrico si esprime in bar o Pascal (unità di pressione)

Talora si esprime come logaritmo decimale del valore assoluto del potenziale idrico espresso in millibar (**PF**)

COSTANTI IDROLOGICHE

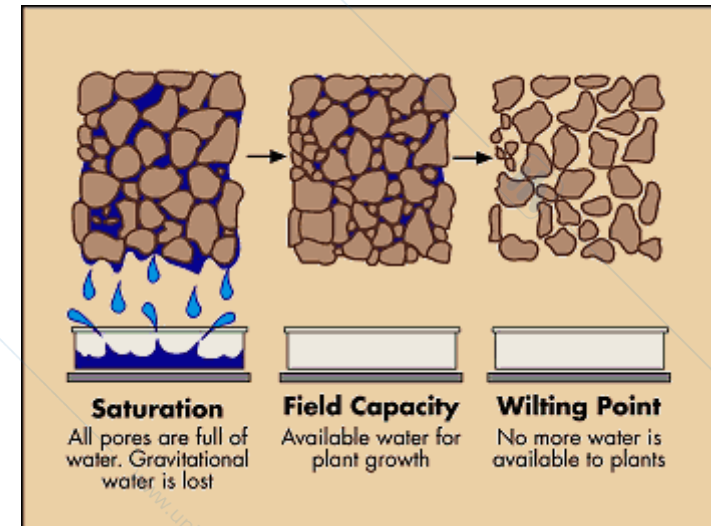
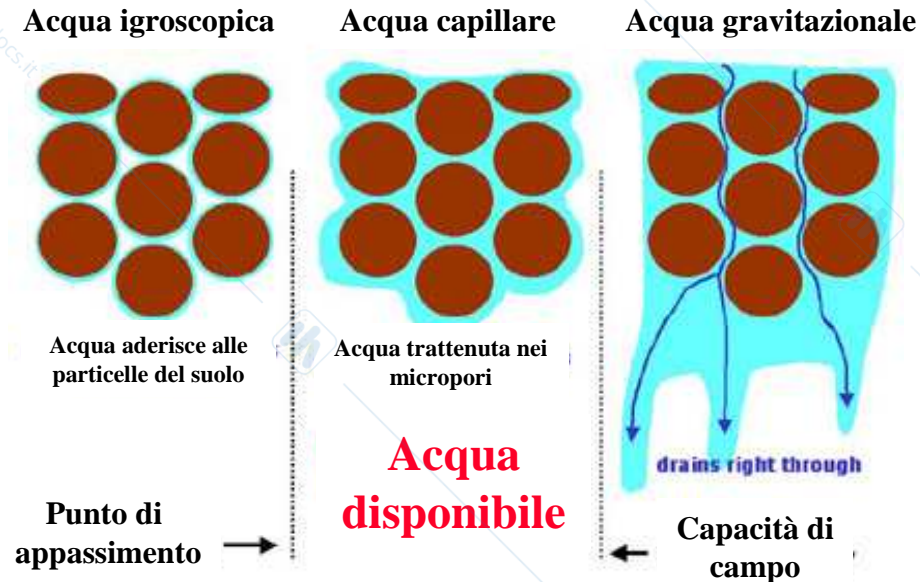
Capacità idrica massima (C.I.M.) : terreno saturo, tutti i pori sono pieni d'acqua. Potenziale dell'acqua = **0**

Capacità idrica di campo (C.I.C.): dopo che l'acqua gravitazionale è sgocciolata, rimane solo l'acqua trattenuta dalla componente matriciale. Potenziale dell'acqua = **-0,33 bar**

Punto di appassimento : l'acqua non è più in grado di essere assorbita dalle piante. Potenziale = **-15 bar**

Valore indicativo, per alcune piante Cactacee corrisponde a **-180 bar**

Acqua disponibile (a. d.): frazione di acqua contenuta tra C.I.C. e punto di appassimento.



Riserva idrica massima utilizzabile (RU_m): deriva dal calcolo dell'acqua disponibile in $m^3 ha^{-1}$

Per il calcolo devono essere noti l'altezza dello strato di terreno e il valore della massa volumica apparente del terreno

Terreni sabbiosi

Terreni molto sabbiosi (> 70%) sono caratterizzati da:

- Elevata macroporosità
- Permeabilità
- Soffici ed arieggiati: rapida mineralizzazione sostanza organica
- Debole capacità di ritenzione
- Poveri di elementi nutritivi

Frequenti sintomi di carenza idrica ed alimentari

Le lavorazioni possono essere effettuate in qualsiasi momento anche con terreno bagnato

Non temono il calpestamento

Si adattano all'orticoltura

Terreni limosi

Particelle più grandi: caratteristiche simili alla sabbia

Particelle di diametro più piccolo: proprietà molto simili a quelle dell'argilla, possono cedere elementi nutritivi

Terreni limosi (limo $> 50\%$) sono caratterizzati da:

- Debole stabilità della struttura: polverosi allo stato secco, fangosi se bagnati
- Poveri di elementi nutritivi
- Formazione di crosta superficiale
- Formazione di zolle dure e compatte se lavorati non in tempera
- Scarsa aderenza agli attrezzi di lavoro
- Ristagno idrico
- Difficoltà di irrigazione per la scarsa permeabilità

Non sono molto diffusi: terreni argilloso-limosi e medio limosi (limo 50 - 80%)
diffusi a nord del Po

- Produttività discreta
- Concimazioni e lavorazioni per mantenere un sufficiente stato di aggregazione delle particelle



Terreni argillosi

Argilla vera: silicati idrati di alluminio (caolinite, illite, montmorillonite)
Evidenzia cariche elettriche negative

Frazione argillosa o materiale argilloide: comprende non solo i silicati di alluminio ma anche silice, sesquiossidi idrati di ferro e di alluminio, humus
Sesquiossidi di Fe ed Al: evidenziano cariche elettriche positive

I terreni argillosi (argilla > 40%) sono caratterizzati da:

- Sufficiente o alta dotazione di elementi nutritivi (K)
- Elevata resistenza agli attrezzi di lavoro
- Forte coesione fra le particelle allo stato secco
- Notevole plasticità allo stato umido
- Capacità di trattenere grandi quantitativi di acqua
- Richiedono particolare attenzione alle epoche di lavorazione
- Elevata CSC

Possono diventare asfittici e impermeabili se di cattiva struttura

Elevate produzioni: bietola, frumento, medica

Sono **tenaci**: resistenti alla penetrazione di corpi estranei

Massimi valori di tenacità: terreni molto argillosi allo stato secco

Sono molto diffusi in Italia. Formazione di Calanchi (Appennino Tosco-Emiliano)

