



## Dipartimento di Agraria

- Corso di Laurea *Scienze e Tecnologie Alimentari (L26)* -
- Corso integrato *Agronomia e colture erbacee e arboree industriali* -
- Modulo *Agronomia e colture erbacee industriali* -

Carmelo Santonoceto

IL TERRENO

## TERRENO

Lo studio di un terreno va affrontato iniziando con l'esame di quelle caratteristiche che abbiamo inizialmente suddiviso in intrinseche o statiche ed estrinseche o dinamiche. Le prime riguardano le proprietà del terreno che si mantengono stabili nel tempo o sono poco mutevoli: origine, tessitura, colore, stratificazione, giacitura ed esposizione. Le seconde si evolvono in continuazione, conferendo al terreno la particolarità di un corpo in continuo mutamento e riguardano: la struttura, le caratteristiche chimiche e biologiche.

Abbiamo definito il terreno come lo strato detritico superficiale della crosta terrestre capace di ospitare e nutrire le piante.

Per arrivare a questo risultato chiamato terreno o suolo sono state necessarie delle azioni di natura fisica, chimica e biologica che hanno determinato la disgregazione delle rocce. Questo processo prende il nome di pedogenesi.

Il terreno è un sistema estremamente complesso risultante dalla coesistenza di svariate componenti: *sostanze minerali, sostanze organiche, organismi viventi, acqua e aria*.

-*Sostanze minerali*. Le particelle minerali che costituiscono la maggior parte della fase solida del terreno (oltre il 95%, salvo i terreni organici e torbosi), sono derivati dal materiale roccioso originario; esse sono una miscelanza di particelle differenti in dimensione, in composizione e in proprietà fisiche e chimiche.

-*Sostanza organica*. È la frazione solida del suolo non minerale, ma derivante dai residui della vegetazione, dal letame apportato dagli agricoltori, da spoglie di animali, ecc. La sua quantità nel terreno varia, generalmente, tra 1 e 5%.

La sostanza organica viene attaccata e trasformata dagli organismi terricoli. Durante questo processo di degradazione si forma una quantità di composti intermedi e, alla fine, un materiale divenuto di struttura amorfa e di colore scuro detto humus che rappresenta la chiave di volta della fertilità del suolo.

-*Organismi terricoli*. Il terreno pullula di una grande varietà di forme di vita animali e vegetali.

Si va dagli animali superiori, come topi, arvicole, talpe, agli insetti, ai lombrichi, ecc. Ma gli organismi più attivi sono rappresentati dalla microflora: funghi e batteri, in particolare.

I funghi sono spesso dannosi perché attaccano le piante coltivate, ma quelli saprofiti svolgono utilissime attività disgregando i residui organici morti.

Di tutti gli esseri viventi nel terreno i più universalmente diffusi e i più importanti per numero e per attività sono i *batteri*: molte funzioni e proprietà del terreno sono dovute proprio a questa microflora batterica.

-*Acqua*. L'acqua, così come l'aria, nel terreno trova la sua sede negli spazi che i costituenti solidi lasciano tra loro interposti. L'acqua del terreno è in realtà una soluzione diluitissima di sali minerali, per questo viene definita "soluzione circolante".

-*Aria*. L'aria si trova anch'essa negli spazi vuoti che si creano tra le particelle del terreno non occupati dall'acqua; se si aggiunge acqua al terreno l'aria ne viene scacciata.

È opportuno distinguere il terreno naturale dal terreno agrario.

Il *Terreno Naturale* si forma sotto l'influenza di fattori pedogenetici e ospita una vegetazione spontanea, quasi sempre di più specie in equilibrio fra di loro.

Il *Terreno agrario*: terreno ha subito delle profonde modifiche ad opera dell'uomo ed ospita le colture agrarie.

Le differenze tra i due terreni sono sostanziali, ed è possibile individuarle scavando una trincea verticale in ciascuno di essi.

Osservando una sezione verticale di un terreno naturale è possibile notare degli strati, detti *orizzonti*, che differiscono tra loro per natura, colore, composizione etc.

*orizzonte A*: detto *eluviale*. È il più superficiale. Da esso vengono dilavati verso il basso, ad opera dell'acqua, i composti più fini, come l'argilla, e gli elementi minerali non trattenuti dal terreno;

*orizzonte B*: detto *illuviale*, accoglie il materiale asportato dalla zona sovrastante che qui trova le condizioni favorevoli per depositarsi. È poco permeabile in quanto ricco di argilla. In molti casi è anche ricco di calcare e humus che potenziano la fertilità del terreno

*orizzonte C* e *orizzonte D*: sono formati, rispettivamente, dal substrato pedogenetico (cioè i detriti della roccia madre ancora in fase di disgregazione) e la roccia madre.

Il terreno agrario differisce da quello naturale per l'intervento umano (asportazione dei prodotti, riduzione della sostanza organica, lavorazioni, concimazioni, irrigazioni, ecc.).

Il profilo, sotto l'aspetto agronomico comprende:

*suolo* e *sottosuolo*.

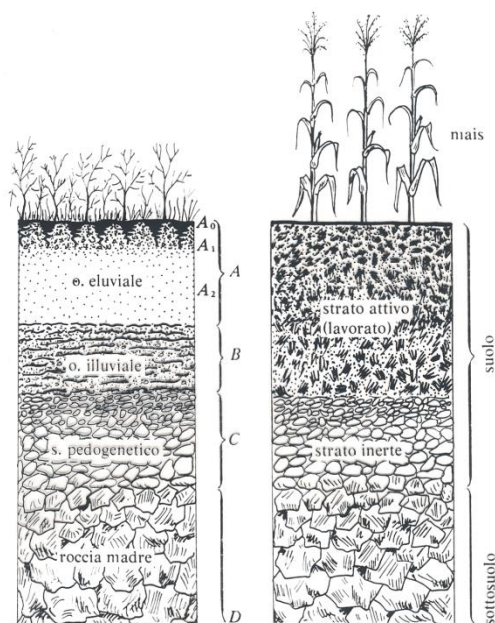
Il suolo viene a sua volta suddiviso in *strato attivo* e *strato inerte*.

Lo *strato attivo* è quello interessato dalle pratiche colturali ordinarie, come lavorazioni, concimazioni, ecc. È in esso che si sviluppa la maggior parte dell'apparato radicale delle piante. Lo strato attivo può coincidere con A o derivare dalla mescolanza di A e B, o solo parte di quest'ultimo.

Lo *strato inerte*, generalmente costituito dal substrato pedogenetico (*orizzonte C*); non essendo raggiunto dagli interventi agronomici presenta caratteristiche meno propizie allo sviluppo radicale delle piante, ospita solo le radici più profonde che si spingono in tale zona soprattutto alla ricerca di acqua.

Il sottosuolo: lo ritroviamo al di sotto dello strato inerte: non è interessato né dalle lavorazioni, né dall'esplorazione delle radici.

La conoscenza della stratigrafia del suolo può, infine, mettere in evidenza la presenza dei cosiddetti *strati di inibizione* che, per eccessiva compattezza (crostoni), aridità o perché contengono sostanze tossiche, non permettono alle radici delle piante di svilupparsi oltre.



## TESSITURA, GRANA O COSTITUZIONE

Il terreno non è formato da particelle di uguali dimensioni, bensì costituito da particelle di varia grandezza e natura. La composizione granulometrica, definita tessitura, grana o costituzione, indica la suddivisione percentuale in peso della parte solida del suolo in varie classi dimensionali. Il prevalere dell'uno o dell'altro costituente o le combinazioni differenti delle varie classi dimensionali conferiscono al terreno caratteristiche chimiche, fisiche e biologiche profondamente diverse.

Le particelle del terreno vengono classificate secondo le loro dimensioni seguendo delle scale convenzionali. La più diffusa è quella proposta da Attemberg adottata dalla IASS (International Association of Soil Science). Il terreno viene prima di suddiviso in scheletro, comprendente le particelle con diametro superiore a 2 mm, e in terra fine, in cui le particelle hanno diametro inferiore a 2 mm. Nella terra fine, poi, si distinguono classi di particelle di diverso diametro come appare dalla tabella sopra riportata.

Classi granulometriche	Diametro delle particelle
<b>Scheletro</b>	<b>&gt; 2 mm</b>
Pietre e ciottoli	> 10 mm
Ghiaia	5 - 10 mm
Ghiaino	2 - 5 mm
<b>Terra fine</b>	<b>&lt; 2 mm</b>
Sabbia grossa	2 - 0,2 mm
Sabbia fine	0,2 - 0,02 mm
Limo	0,02 - 0,002 mm
Argilla	< 0,002 mm

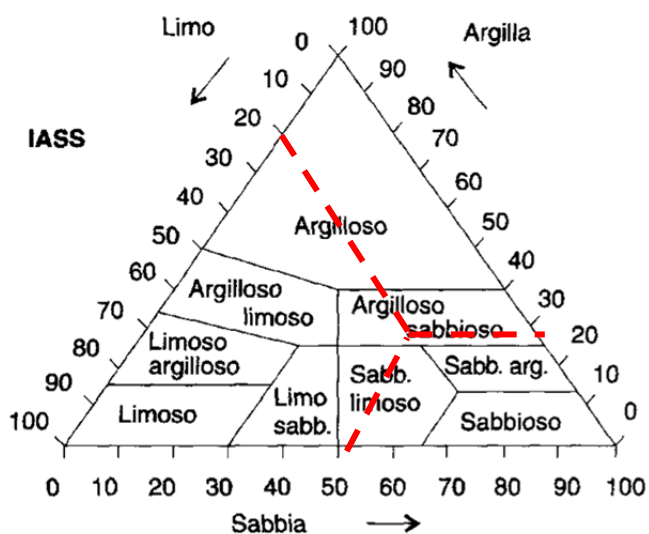
La tessitura di un terreno viene definita in base all'analisi granulometrica, e viene espressa con aggettivi che si riferiscono all'importanza relativa delle varie frazioni.

La maggiore o minore percentuale di sabbia, limo o argilla dà origine, come detto, a differenti tipi di terreno che possono essere sinteticamente rappresentati con il triangolo della tessitura.

Esempio: dall'analisi granulometrica di un terreno risulta il 28% di argilla, il 52% di sabbia ed il 20% di limo. Dal 28% di argilla si traccia una parallela alla base del triangolo e dal 20% di limo una parallela al lato dell'argilla: il punto di incontro permette di classificare il terreno come argilloso-sabbioso. Ci si può chiedere come mai è sufficiente una ridotta quantità di argilla per classificare questo terreno come argilloso, mentre occorrerebbe almeno il 70-80% di sabbia per poterlo definire sabbioso. Tutto dipende dalla superficie specifica o massica delle particelle di suolo (superficie per unità di volume o di massa). Cioè la superficie esterna di tutte le particelle contenute in 1 centimetro cubo o in 1 grammo di terreno ( $\text{cm}^2 \text{cm}^{-3}$  oppure  $\text{cm}^2 \text{g}^{-1}$ ).

L'importanza della superficie specifica deriva dal fatto che molte proprietà fisico-chimiche del terreno dipendono da essa; ad esempio la capacità del terreno di trattenere gli elementi nutritivi, la sua capacità di ritenzione idrica o il rapporto aria/acqua. Quanto più piccole sono le dimensioni delle particelle di terreno, tanto maggiore sarà la superficie per unità di massa o di volume di suolo.

Per dare un'idea di quanto aumenti la superficie specifica col diminuire delle dimensioni delle particelle, ricordiamo che un solido di forma cubica con lato di 1 cm, quindi di  $1 \text{ cm}^3$  di volume,



ha una superficie specifica di  $6 \text{ cm}^2$ . Mille cubetti di  $1 \text{ mm}$  di lato, pur avendo lo stesso volume,  $1 \text{ cm}^3$ , raggiungono una superficie di  $60 \text{ cm}^2$ . Un milione di cubetti con spigoli di  $0,1 \text{ mm}$  hanno una superficie di  $600 \text{ cm}^2$ . Spingendo la divisione dell'ipotetico cubo fino allo stato colloidale (cubetti di  $0,1 \mu\text{m}$  ovvero  $100 \text{ nm}$  di lato) si avranno  $10^{15}$  cubi con una superficie totale di  $600.000 \text{ cm}^2$ .

Lunghezza spigoli (mm)	Cubetti (n)	Superficie totale
10	1	$6 \text{ cm}^2$
1	1.000	$60 \text{ cm}^2$
0.1	1.000.000	$600 \text{ cm}^2$
0.01	$10^9$	$6.000 \text{ cm}^2$
0.001	$10^{12}$	$6 \text{ m}^2$
0.0001	$10^{15}$	$60 \text{ m}^2$
0.00001	$10^{18}$	$600 \text{ m}^2$
0.000001	$10^{21}$	$6.000 \text{ m}^2$

Grazie alla sua grande superficie specifica l'argilla rappresenta la parte più attiva dei costituenti minerali del terreno.

Vediamo ora come variano le caratteristiche fisico-chimiche del suolo al prevalere dell'uno o dell'altro costituente.

#### *Terreni a scheletro prevalente*

- I terreni con più del 40% di scheletro sono definiti "terreni a scheletro prevalente".

Lo scheletro conferisce incoerenza e scarsa capacità di trattenere l'acqua; inoltre i frammenti più grossolani sono d'impedimento alle lavorazioni, allo sviluppo radicale delle piante e all'accrescimento degli organi sotterranei (tuberi di patata, fittoni di barbabietola, ecc.).

#### *Terreni sabbiosi*

- La sabbia, impartisce al terreno scioltezza e permeabilità.

- I terreni in cui prevale la componente sabbiosa vengono definiti leggeri o sciolti.

- Sono facilmente lavorabili anche se asciutti o umidi.

- Sono permeabili all'acqua ma, nello stesso tempo l'acqua viene perduta facilmente per la debole capacità di trattenuta idrica.

- Lasciano circolare l'aria, ma l'eccesso di aria, e i processi ossidativi che ne derivano, favoriscono una rapida mineralizzazione della sostanza organica.

- Gli elementi minerali vengono facilmente dilavati in quanto trattenuti solo in minima parte a causa ridotta superficie specifica delle particelle sabbiose che determina una limitata Capacità di Scambio Cationico: tutto questo comporta la povertà chimica di questi terreni.

Tuttavia, se gestiti sapientemente, soprattutto riguardo all'irrigazione e concimazione, sono degli ottimi terreni, ideali per l'orticoltura.

#### *Terreni argillosi*

- L'argilla possiede proprietà colloidali.

- I terreni in cui prevale la componente argillosa vengono definiti pesanti o duri.

- Richiedono notevole energia ai fini delle lavorazioni che, come si vedrà, devono essere eseguite solo in condizioni ben determinate.

- La notevole superficie specifica delle particelle argillose consente di trattenere notevoli quantità di elementi minerali evitandone le perdite per dilavamento grazie alla elevata Capacità di Scambio Cationico.

- Sono terreni ben dotati di elementi minerali, in particolare di potassio.

- L'elevato numero e le dimensioni estremamente ridotte degli spazi esistenti tra le minuscole particelle di argilla (microporosità) conferiscono, al contrario della sabbia, elevata capacità di ritenzione idrica, insufficiente presenza di aria e scarsa permeabilità ai terreni argillosi. Un terreno poco permeabile è facilmente soggetto a ristagno, con conseguente rischio d'insorgenza di marciumi e asfissia radicale. Queste ultime anomalie possono tuttavia essere rimosse grazie alla proprietà posseduta dalle particelle argillose di aggregarsi in grumi e di assumere una struttura definita glomerulare come vedremo in uno dei prossimi argomenti.

### *Terreni limosi*

I terreni in cui prevale la componente limosa presentano caratteristiche intermedie ai due precedenti tipi di terreno.

Le particelle di limo più grosse presentano le peggiori caratteristiche della sabbia (difficoltà ad aggregarsi, limitata stabilità di struttura) e quelle più fini le peggiori caratteristiche dell'argilla (scarsa aerazione, scarsa permeabilità).

Se il limo è in eccesso i terreni saranno mal strutturati, polverosi se asciutti, fangosi se umidi.

Termini molto comuni sono quelli di *terreno leggero* e *terreno pesante*: questi aggettivi non hanno nessuna relazione col peso specifico del terreno, ma solo con la resistenza alla lavorazione.

Un'altra definizione assai comune è quella di *terreno di medio impasto* o *terra-franca*: è questo il tipo di terreno in cui tutti i costituenti sono rappresentati in maniera armonica, nei rapporti di seguito riportati:

Scheletro	assente
Sabbia grossa	30-50%
Sabbia fina	15-30%
Limo	10-15%
Argilla	5-10%
Calcare	1-5%
Sostanza organica	3-5%

## POROSITÀ

Come già trattato nel precedente argomento, il terreno è costituito da particelle solide tra le quali vengono a crearsi degli spazi vuoti di dimensione variabile. Questi spazi vengono definiti *pori*. Il volume complessivo di questi spazi vuoti, rapportato in percentuale al volume totale del terreno, costituisce la *porosità* ( $p$ ). La porosità quindi esprime la percentuale di spazi vuoti presenti in un determinato volume di terreno.

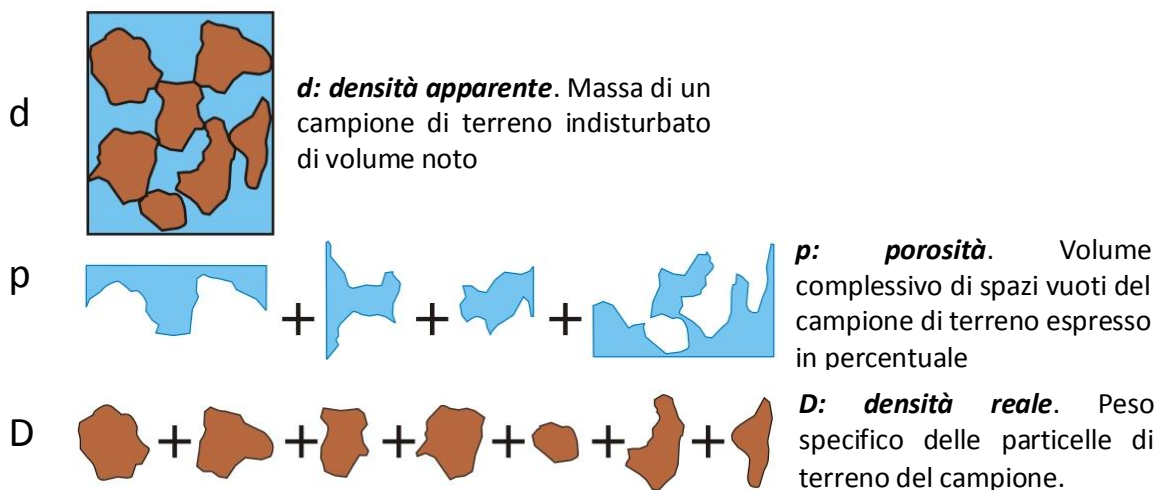
*Misura della porosità.* La porosità viene misurata indirettamente determinando la densità assoluta ( $D$ ) e quella apparente ( $d$  spesso indicata con la lettera greca phi  $\Phi$ ) del terreno.

La prima ( $D$ ) corrisponde al peso specifico delle sole particelle solide delle quali il terreno è costituito (ipoteticamente come se l'unità di volume di terreno fosse assolutamente privo di pori) e si determina con picnometri.

La seconda ( $d$ ) corrisponde al peso dell'unità di volume di suolo, spazi vuoti compresi, essa si determina prelevando un campione indisturbato di terreno di volume noto, essiccandolo e pesandolo. Entrambi si esprimono in  $\text{g cm}^{-3}$  o in  $\text{kg dm}^{-3}$  (massa/volume).

La porosità è data dalla formula:

$$p = \frac{D - d}{D} \times 100$$



$D$ , per i terreni minerali più comuni, si aggira generalmente su valori di  $2,6-2,7 \text{ g cm}^{-3}$ .

$d$ , si aggira intorno a  $1,1-1,2 \text{ g cm}^{-3}$ , nei terreni argillosi;  $1,3-1,4 \text{ g cm}^{-3}$ , nei terreni limo-sabbiosi;  $1,4-1,6 \text{ g cm}^{-3}$ , nei terreni sabbiosi.

Da tutto questo si evince che  $1 \text{ cm}^3$  di terreno sabbioso pesa più di  $1 \text{ cm}^3$  di terreno argilloso: ciò contrasta con la denominazione usuale del primo "terreno leggero" e del secondo "terreno pesante". Come si è già accennato questa terminologia si riferisce non tanto al peso specifico quanto alla loro tessitura e alla conseguente facilità ad essere lavorati.

Adottando, come esempio, i valori medi sopra indicati si ha:

$$p = \frac{2,6 - 1,3}{2,6} \times 100 = 50\%$$

La porosità di un terreno medio si aggira intorno al 50%; nella sabbia usualmente è inferiore (30-40%); nei terreni argillosi è più alta (55-60%).

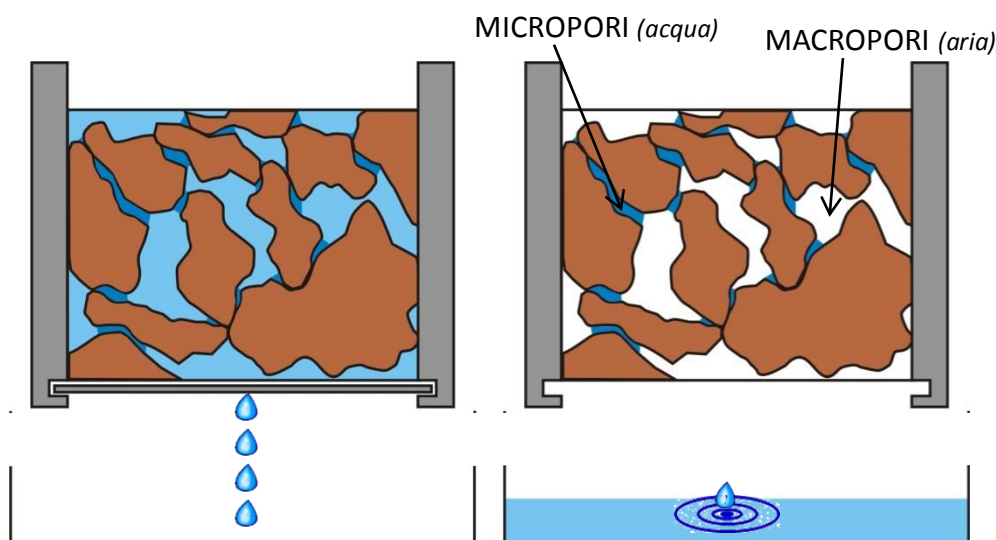
Il destino dei pori del terreno è di essere occupati da acqua e da aria. Nei pori avvengono i più importanti processi biologici dall'assorbimento radicale alla respirazione. Infatti, in questi spazi

vuoti acqua, aria, radici e microrganismi si muovono, si sviluppano e agiscono. Il valore assoluto della porosità ha una importanza assai modesta nel caratterizzare le proprietà di un terreno. Importanza rilevante ha la loro dimensione. Per la miglior comprensione di ciò, di notevole utilità risulta la distinzione tra *microporosità* e *macroporosità*.

La dimensione dei pori è correlata direttamente con la dimensione delle particelle solide del terreno. Nel caso dell'argilla, le particelle minutissime delimitano pori di dimensione ridottissima; nel caso della sabbia, costituita da grossi granuli, anche la dimensione dei pori è grossolana.

*Microporosità* è il volume complessivo dei pori aventi dimensione tanto piccola ( $< 8 \mu\text{m}$ ) che la tensione capillare supera la forza di gravità. Questa porosità, detta anche porosità capillare, rappresenta la capacità del terreno a trattenere l'acqua.

*Macroporosità* è la parte di porosità avente dimensioni tali ( $> 8 \mu\text{m}$ ) da non trattenere l'acqua contro l'azione della forza di gravità. Questi pori consentono un movimento dell'acqua molto rapido. Nella giusta misura risultano utilissimi per lo sgrondo delle acque in eccesso. Nel suo insieme la macroporosità, detta anche porosità non capillare, rappresenta la capacità del terreno a contenere aria.



Ai fini della vita delle piante è indispensabile che *micro* e *macroporosità* siano rappresentate in maniera equilibrata nel terreno: idealmente 50% e 50%.

Un *eccesso di macroporosità* si verifica in terreni sabbiosi e ha come dirette conseguenze scarsa capacità di trattenuta per l'acqua e abbondante o eccessivo arieggiamento. Questa condizione non è sfavorevole alla vita dei vegetali, a condizione che non manchi l'assiduo rifornimento di acqua.

Un *eccesso di microporosità* si verifica nei terreni argillosi e ha le seguenti conseguenze:

- l'acqua di pioggia o d'irrigazione si infiltra con difficoltà nel terreno creando problemi di ristagno nei terreni piani e di ruscellamento in quelli declivi;
- l'acqua penetrata nel terreno è in gran parte trattenuta contro la forza di gravità dalla tensione capillare, restando a lungo a saturarlo;
- l'aria è scacciata dall'acqua e le radici, trovando poco ossigeno, hanno difficoltà ad espandersi e ad assorbire;
- la flora microbica favorevole, quella aerobia, stenta e tende a prevalere quella anaerobia, sfavorevole.



In queste condizioni, questi suoli sarebbero asfittici, inospitali e assolutamente improduttivi, se non intervenisse a ripristinarne la fertilità un'altra caratteristica fisica del terreno: la *struttura*.

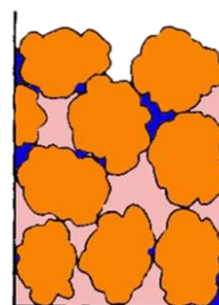
## STRUTTURA

Possiamo definire la struttura di un terreno come il modo in cui le particelle del terreno stesso si dispongono nello spazio o si aggregano le une con le altre.

Tralasciando casi particolari, relativamente a questa caratteristica del suolo possono essere schematizzate due situazioni.

a) *Struttura a particelle singole* (impropriamente definita stato astrutturale): le particelle minerali del terreno, di limo o di argilla o di sabbia, sono completamente separate l'una dall'altra, cioè in stato di completa dispersione, assumono la disposizione di massimo assestamento. In questo caso, se le particelle solide hanno dimensioni cospicue (sabbia) anche i pori sono grandi e quindi la macroporosità è prevalente, se le particelle sono minute (limo o argilla) la porosità è tutta sotto forma di microporosità.

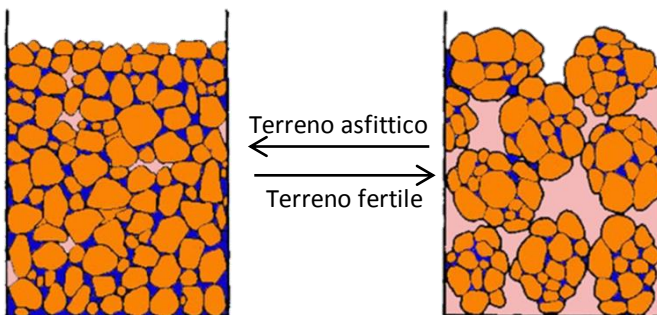
Questo è l'unico tipo di struttura che possono assumere i terreni sabbiosi, in quanto particelle così grossolane non riescono ad aggregarsi tra di esse. Tuttavia, come più volte ripetuto, la presenza di macroporosità non determina problemi di asfissia, bensì difficoltà relative a scarsa ritenzione di acqua, povertà chimica ed eccessivo arieggiamento con conseguente rapida mineralizzazione della sostanza organica. Ma bisogna accettarli così come sono e saperli gestire oculatamente con rifornimenti frazionati e frequenti di acqua e concimi minerali e apporti di sostanza organica.



Quando, di contro, i terreni argillosi presentano questo tipo di struttura, a causa dell'eccessiva microporosità divengono, per i motivi precedentemente elencati, compatti, se asciutti, asfittici, se umidi, e, quindi, poco ospitali per le piante. Ma, a differenza della sabbia, le particelle argillose, grazie alle loro proprietà colloidali, riescono ad aggregarsi tra di esse assumendo la cosiddetta struttura grumosa o glomerulare.

b) *struttura grumosa o glomerulare*: le particelle di suolo più fini con proprietà colloidali, possono dar luogo a fenomeni di aggregazione e, mediante l'intervento di sostanze cementanti organiche o minerali, formare *grumi* (chiamati anche *glomeruli* o *aggregati*). In tal modo si

viene a creare microporosità all'interno dei grumi e macroporosità tra un grumo e l'altro. Grazie alla struttura grumosa, nei terreni a grana fine si stabiliscono le giuste proporzioni tra micro e macroporosità che, sotto l'aspetto fisico, realizzano il giusto equilibrio tra acqua e aria nel terreno. Sotto l'aspetto chimico si ricorda che basta una maggiore o minore aerazione per influenzare in un senso o nell'altro i processi di ossidazione e di riduzione che avvengono nel terreno. Ad essi è legata l'attività dei microrganismi, la conseguente trasformazione della sostanza organica e la disponibilità degli elementi nutritivi.



Riepilogando, abbiamo visto che lo stato di aggregazione assume importanza differente in rapporto alla natura del terreno. La formazione di aggregati strutturali riveste, infatti, la massima rilevanza solo nei terreni a grana fine dove, grazie al passaggio dalla struttura a particelle singole a quella glomerulare il terreno, da asfittico e inospitale per le piante, diviene estremamente fertile: l'immagazzinamento di acqua e di aria possono avvenire con relativa

facilità; le radici possono espandersi liberamente, gli attrezzi da lavoro incontrano una minore resistenza. Va ricordato inoltre che la presenza di grumi attenua i fenomeni erosivi in quanto favorisce l'infiltrazione piuttosto che il ruscellamento dell'acqua.

Da tutto ciò scaturisce l'impegno che gli agricoltori riservano al ripristino dello stato strutturale nei terreni pesanti. Ed è a questo tipo di terreni che si farà riferimento parlando di demolizione e ripristino della struttura. La struttura, infatti, non è una proprietà statica, ma soggetta a dinamica attiva che costringe l'agricoltore a una vera e propria fatica per ripristinare questo stato che vari fattori contribuiscono a demolire.

#### DEMOLIZIONE DELLA STRUTTURA

I fattori ai quali è imputabile la demolizione della struttura di un suolo sono svariati. La loro conoscenza è determinante in quanto alle diverse cause di demolizione degli aggregati possono corrispondere interventi assolutamente differenti per il loro ripristino.

Le principali cause di demolizione sono le seguenti:

*a) azioni di natura fisica* (azione battente dell'acqua di pioggia; calpestio di macchine, animali e uomini; lavorazioni fatte male, con impastamento di terreni umidi o polverizzazione del terreno da parte di particolari organi lavoranti (fresatrici, zappatrici rotative).

*b)* deflocculazione dei colloidali argillosi per carenza o diluizione dei cationi responsabili della flocculazione, calcio in particolare.

*c)* presenza o apporto di ioni deflocculanti: sodio, in particolare.

*d)* povertà in humus che rappresenta il principale agente cementante per i grumi.

Per tutte queste azioni i terreni a grana fine col passare del tempo tendono a ripassare alla struttura a particelle singole e a trasformarsi in una massa compatta, inospitale per le piante. S'impone, pertanto, il ripristino della buona struttura, come condizione per la vita e la produttività delle colture.

#### RIPRISTINO DELLO STATO STRUTTURALE

Gli interventi per il ripristino dello stato strutturale sono diversi a seconda della causa che ne ha determinato la demolizione.

- Se la ragione del compattamento del suolo è imputabile soltanto alle azioni di natura fisica prima elencate, le lavorazioni sono il più comune mezzo per realizzare la disgregazione del terreno rassodato.

Difficile è realizzare direttamente con le lavorazioni una struttura grumosa ottimale. Salvo i casi in cui il lavoro sia fatto nel momento in cui il suolo si trova al giusto grado di umidità (cosiddetto terreno "in tempera"). In terreni asciutti si ottiene la formazione di *zolle* di notevoli dimensioni. Tuttavia la formazione di grosse zolle non è preoccupante se si ha il tempo di attendere l'azione degli agenti atmosferici (alternanza di inumidimento ed essiccazione, di basse ed alte temperature, gelo e disgelo) in grado di disgregare gradualmente anche le zolle più grandi e dure e ridurle ad un soffice cumulo di grumi.

Lavorazioni fatte in terreni umidi possono, invece, peggiorare lo stato strutturale del terreno.

- La presenza di un eccesso di sodio non permette alle particelle del terreno di aggregarsi, in quanto si tratta di un catione con elevato potere deflocculante. Al fine di ripristinare lo stato di aggregazione occorre allontanare questo elemento utilizzando, come si vedrà meglio in seguito, del gesso come correttivo ( $\text{CaSO}_4$ , solfato di calcio), associato a irrigazioni dilavanti e ad una efficiente rete di scolo.

- Se la struttura del terreno è instabile a causa dell'assenza di calcio, catione flocculante per eccellenza, come spesso si verifica nei terreni con reazione acida, l'intervento consiste essenzialmente nell'apporto di questo elemento sotto forma di calce viva o spenta o di carbonato di calcio o di marne calcaree.

- Sicuramente la presenza di humus nel terreno influenza positivamente la struttura e sulla sua stabilità più di ogni altro fattore: agendo direttamente come cementante; combinandosi con gli ioni calcio forma una sorta di pellicola intorno agli aggregati; costituendo l'alimento principale dei microrganismi, agevola la proliferazione di funghi e batteri che, rispettivamente, con la produzione di ife e mucillagini favoriscono la formazione di aggregati estremamente stabili. L'apporto di sostanza organica nel terreno rappresenta, pertanto, una pratica sempre proficua. Qualora non fosse possibile, come oggi sempre più spesso avviene, reperire materiale organico (letame in particolare) da somministrare al terreno, si può ovviare attraverso l'inserimento nell'avvicendamento di quelle colture che rilasciano nel suolo grandi quantità di residui vegetali. La massima efficacia in tal senso è espletata dalle specie foraggere polienali.

## RAPPORTI ACQUA TERRENO

### *Le forze matriciali e l'acqua gravitazionale*

L'acqua si trova nel terreno allo stato di vapore, liquido e, talora, anche solido. La quantità complessiva di acqua può raggiungere anche il 40-50% rispetto al peso del terreno.

A seguito dei fenomeni di evaporazione, percolazione, assorbimento radicale e degli apporti naturali e artificiali, attraverso la pioggia e l'irrigazione, l'umidità del terreno è soggetta ad una continua evoluzione che modifica continuamente i rapporti tra la fase solida, liquida e gassosa. Questi rapporti influenzano tutti i fenomeni chimici, fisici e biologici che si verificano nel terreno: detti fenomeni sono più favorevoli alla vita delle piante quando la microporosità è occupata dalla fase liquida e la macroporosità da quella aeriforme.

La conoscenza di questi rapporti si rivela determinante ai fini della gestione dello smaltimento delle acque in eccesso, dell'immagazzinamento e mantenimento dell'acqua nel suolo e della pratica irrigua.

Per una migliore comprensione dei fenomeni fisici che regolano il comportamento dell'acqua nel terreno si farà ricorso ad un esempio partendo da un terreno completamente privo di umidità.

In queste condizioni le particelle di terreno sono in grado di captare acqua dall'umidità atmosferica. Queste particelle, infatti, riescono ad adsorbire molecole di acqua grazie alle cariche elettriche di cui la loro superficie è dotata ed alla natura dipolare delle molecole d'acqua che presentano una distribuzione asimmetrica delle cariche negative dell'ossigeno e quelle positive dei due idrogeni.

Le forze che si generano tra la superficie solida e le molecole d'acqua sono definite *forze di adesione*.

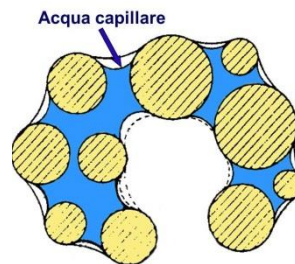
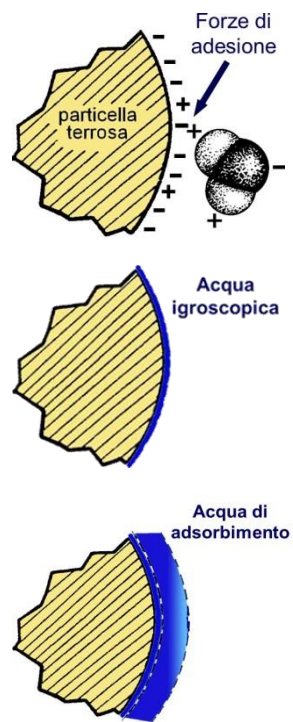
L'acqua captata dall'atmosfera, definita *acqua igroscopica*, andrà a costituire una sottile pellicola attorno alle particelle ed è così energicamente trattenuta da non essere disponibile per le piante.

Le forze di attrazione elettrostatica che si generano tra le molecole d'acqua, consentendo loro di stare unite, sono definite *forze di coesione* ed è grazie a queste ultime che man mano che gli apporti idrici nel terreno aumentano, ad esempio a seguito di pioggia o irrigazione, il manto liquido attorno alle particelle di terreno diviene più spesso. Questo manto costituisce l'*acqua di adsorbimento*.

La forza attrattiva fra solido e liquido diminuisce col crescere della loro distanza. La tensione dell'acqua non è dunque omogenea in tutto lo strato che circonda le particelle colloidal: ne consegue che lo sforzo necessario per sottrarre acqua al terreno cresce man mano che la sua quantità diminuisce e il manto liquido si assottiglia, ovvero solo lo strato più esterno dell'acqua adsorbita risulta disponibile per le piante.

Se dal lato opposto alla singola particella esiste a breve distanza una seconda particella, le forze di adesione e coesione daranno origine, nel poro originatosi, al fenomeno della capillarità. Le forze di tensione dovute a questo fenomeno saranno tanto più elevate quanto più sono ridotte le dimensioni dei pori o al diminuire del contenuto idrico.

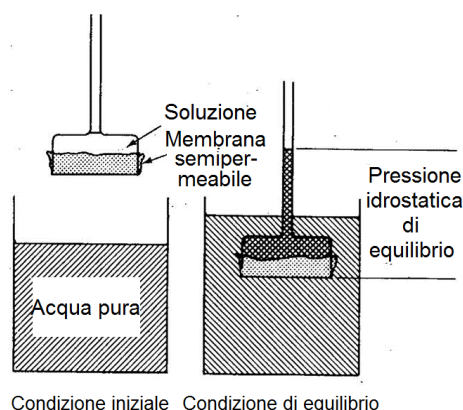
Tutte le forze sopra descritte prendono il nome di *forze matriciali* in quanto generate dall'interazione tra l'acqua e la matrice solida del terreno.



Quando dopo una pioggia o un intervento irriguo l'acqua va a riempire i pori più grossi le forze di coesione cederanno al peso dello stesso acqua che, sollecitata dalla forza di gravità, percolerà tanto più velocemente quanto più elevata è la dimensione dei pori. Quest'ultima quota di acqua rappresenta l'*acqua gravitazionale*.

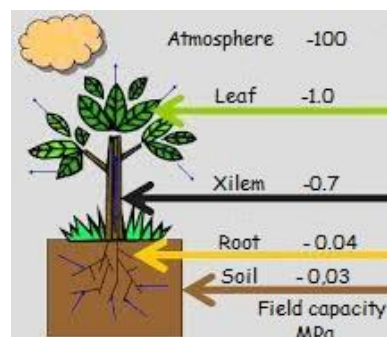


Nel terreno non esiste acqua allo stato puro ma sotto forma di una diluitissima soluzione di sali dissociati. Com'è noto, la presenza di sali disciolti nell'acqua genera, solo in presenza di una membrana semipermeabile, una *tensione osmotica* alla stessa stregua di quanto accade in un osmometro nel quale una soluzione e l'acqua pura vengono separate da una membrana semipermeabile: si assiste ad un innalzamento del livello della soluzione fino al raggiungimento dell'equilibrio tra la pressione esercitata dal peso del liquido e la tensione osmotica generata dal soluto. Occorre precisare che la tensione osmotica si manifesta solo nei rapporti tra la soluzione circolante del terreno e le piante in quanto l'assorbimento avviene attraverso una sorta di membrana semipermeabile a cui è assimilabile la parete cellulare. Quanto più alta è la concentrazione di sali disciolti nell'acqua, tanto più alta è la tensione osmotica della soluzione, tanto maggiore sarà lo sforzo richiesto alla pianta per l'assorbimento dell'acqua.



L'insieme degli esempi visti sopra consente di stabilire che l'acqua nel terreno non è libera ma soggiace ad una serie di forze e che, per sottrarla ad esso, la pianta deve compiere uno sforzo. Viene definito **potenziale idrico** la forza con cui l'acqua è trattenuta dal terreno e, quindi, il lavoro che bisogna compiere per poterla sottrarre ad esso. La differenza di potenziale, pertanto, definisce la direzione del flusso idrico; così, la tendenza dell'acqua in natura è quella di muoversi da punti con energia potenziale maggiore a punti con energia potenziale minore.

Nel terreno l'acqua si muove da punti più umidi a punti più asciutti; il passaggio dell'acqua dal suolo alla pianta avviene solo se la seconda ha un potenziale più basso del primo; così il passaggio dell'acqua dalla pianta all'atmosfera.



Convenzionalmente, il potenziale idrico viene indicato con la lettera greca psi ( $\psi$ ).

### Le componenti del potenziale idrico

Per convenzione si afferma che l'acqua è libera quando non è trattenuta da nessuna forza. In queste condizioni, il potenziale idrico dell'acqua pura definisce lo standard di riferimento pari a zero. Quando invece essa è soggetta alle forze prima descritte, le componenti che determinano la riduzione dell'energia libera dell'acqua nel terreno sono:

-*componente matriciale* ( $\psi_m$ ): così definita in quanto generata dall'affinità dell'acqua con la matrice solida. È dovuta alle forze di adsorbimento dei colloidali (adesione e coesione) e alle forze capillari che si generano nei micropori. Normalmente è la componente che in maggior misura contribuisce ad abbassare il livello di energia libera dell'acqua nel terreno.

-*componente osmotica* ( $\psi_\pi$ ) generata dalla presenza di sali disciolti che contribuiscono a diminuire l'energia libera dell'acqua in misura tanto più rilevante quanto più aumenta la loro

concentrazione. Quest'ultima può aumentare anche a seguito della riduzione del contenuto idrico del suolo.

-componente gravitazionale ( $\psi_g$ ) generata dal peso del liquido e, quindi, dalla forza di gravità.

Data la difficoltà di misurazione del contributo di ciascuna componente alla riduzione dell'energia libera dell'acqua, comunemente si accetta di raggrupparle sotto il termine di *potenziale idrico totale* che è dato dalla somma delle tre componenti.  $\psi_w = \psi_m + \psi_\pi + \psi_g$

Nel terreno possono verificarsi le seguenti situazioni:

$\psi = 0$  il potenziale viene considerato per convenzione pari a zero nel caso di terreno saturo di acqua (es. dopo un'irrigazione, una pioggia o nelle falde freatiche);

$\psi > 0$  (valori positivi) quando l'acqua è in pressione e, di conseguenza, è in grado di compiere un lavoro: questa situazione si verifica nelle falde in pressione (falde artesiane);

$\psi < 0$  (valori negativi) è il caso più frequente, si riscontra difatti nei terreni insaturi nei quali occorre spendere energia per sottrarre l'acqua. In altri termini l'acqua è sottoposta ad una pressione negativa o *tensione* e per estrarla le piante devono esercitare una suzione.

#### *Espressioni del potenziale idrico*

Il modo più comune e comodo per esprimere il potenziale idrico è l'unità di pressione, pertanto viene comunemente misurato in *Bar* o *Pascal*.

Altra unità di espressione del  $\psi$  è il *pF* che in analogia col *pH* (*F* sta per free energy) è il logaritmo in base 10 del valore assoluto del potenziale espresso in millibar. Si vedrà in seguito l'utilità della scelta della scala logaritmica proposta da Schofield.

I valori entro cui può variare  $\psi$  oscillano, infatti, da 0, in caso di terreno completamente saturo, a -10.000.000 mb, pari a -1000 MPa, con terreno privo di umidità; a questi due estremi corrispondono valori di pF pari, rispettivamente, a 0 e 7.

#### COSTANTI IDROLOGICHE

Subito dopo una irrigazione o una pioggia abbondante, il terreno è saturo di acqua, la quale occupa tutta la porosità del suolo ed ha una energia libera che per convenzione è uguale a 0: il contenuto d'umidità del suolo in questa situazione definisce la *capacità idrica massima*.

In condizioni di terreno saturo una parte dell'acqua contenuta percola sotto l'azione della forza di gravità; quest'acqua non trattenuta dal terreno è detta *acqua gravitazionale*, il cui volume corrisponde alla macroporosità.

L'acqua che resta ad imbibire il suolo dopo che la percolazione si è arrestata è quella trattenuta nei micropori, dove la componente matriciale è tanto alta da bilanciare e superare quella gravitazionale: in queste condizioni il terreno si trova alla *capacità di campo* che rappresenta la situazione ideale per il rifornimento idrico delle piante che attingono l'acqua senza grossi sforzi.

Col progressivo diminuire dell'acqua, per evaporazione dal terreno o per traspirazione delle piante, il velo d'acqua si assottiglia sempre di più localizzandosi in pori via via più minuti in cui il potenziale idrico scende a valori bassissimi. Arrivati al momento in cui le piante, almeno quelle comunemente coltivate, non sono più in grado di prelevare acqua dal terreno, fatto che si traduce nell'appassimento del vegetale, il contenuto d'umidità viene definito *punto di appassimento* o *di avvizzimento*. L'acqua presente nel terreno al punto di appassimento è *acqua non utilizzabile dalle piante*: è questa in parte acqua rimasta nei capillari più fini e in parte *acqua igroscopica* le cui ultime molecole sono trattenute con tensioni dell'ordine di -1.000 MPa. Riepilogando:

-*Capacità Idrica Massima*: contenuto idrico in un terreno saturo (micropori e macropori sono pieni d'acqua).  $\psi = 0$  pF = 0

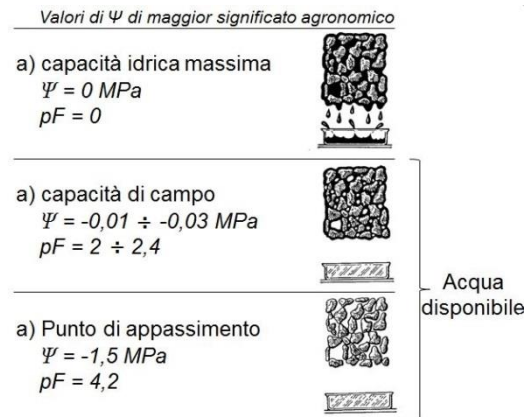


-**Capacità di campo:** contenuto idrico in un terreno in cui i micropori sono pieni di acqua e i macropori pieni d'aria.  $\psi = -0,01 - 0,03 \text{ MPa}$   $pF = 2 - 2,4$ .

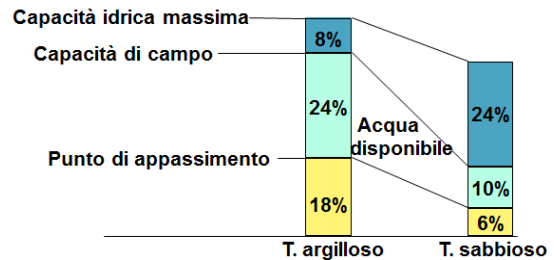
-**Punto di appassimento:** contenuto idrico in un terreno nel momento in cui la maggior parte delle piante coltivate non riescono più a estrarre acqua da esso.  $\psi = -1,5 \text{ MPa}$   $pF = 4,2$ .

La frazione di acqua contenuta fra questi ultimi due limiti rappresenta la cosiddetta *acqua disponibile*: da essa dipende in larga misura, la capacità del terreno agrario a costituire riserve idriche più o meno cospicue e di permettere alle colture di resistere a periodi più o meno lunghi in cui vengano a mancare apporti naturali o artificiali di acqua.

Al disotto del punto di appassimento rimane acqua non disponibile per le piante.



Il contenuto di umidità in corrispondenza di ciascun valore di potenziale è estremamente variabile in funzione della natura del terreno: a parità di potenziale due terreni diversi possono mettere a disposizione delle piante quantitativi di acqua disponibile differenti. Pertanto, oltre alla quantità d'acqua contenuta nel terreno conta conoscere anche la forza con cui questa è trattenuta, cioè il suo potenziale, per poter capire se detta quantità è disponibile o meno per le piante. Facendo riferimento alla figura riportata sopra, se i due terreni avessero entrambi un contenuto idrico pari al 16%, si potrà constatare che nel terreno argilloso non vi è più disponibilità di acqua per le piante, in quanto si trova sotto il punto di appassimento; mentre nel terreno sabbioso, che si trova alla capacità di campo, vi è la massima disponibilità.

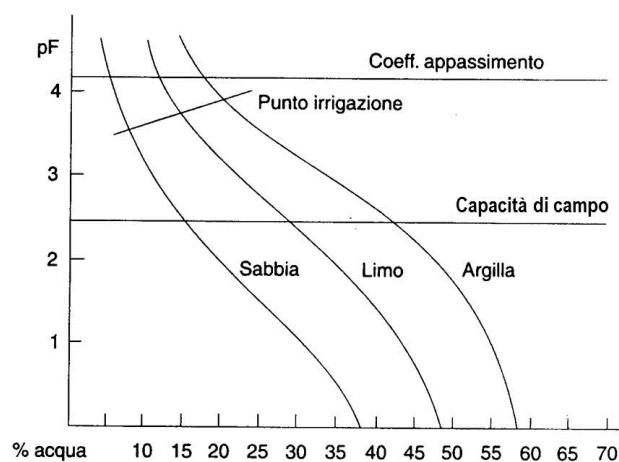


#### RELAZIONE TRA POTENZIALE IDRICO E UMIDITÀ DEL TERRENO

L'umidità può variare da un minimo uguale a zero (terreno completamente secco) ad un massimo che, opportunamente espresso, è pari alla porosità del terreno stesso. Mentre il valore del potenziale oscilla da  $-1.000 \text{ MPa}$  a  $0 \text{ MPa}$ .

A seguito di questo ampio campo di variazione, nella rappresentazione grafica della suddetta relazione (umidità nell'ascissa e potenziale nell'ordinata) viene adottata una scala logaritmica perché si possa avere una buona visualizzazione dell'intervallo più interessante per la disponibilità idrica delle piante: quello compreso tra la capacità di campo e il punto di appassimento. La curva che si ottiene viene definita *curva di ritenzione idrica*.

L'andamento della curva di ritenzione idrica stabilisce i rapporti fra umidità del suolo e suo potenziale in un determinato



terreno. Ai fini pratici la conoscenza di tale andamento è importante per vari motivi:

- a) permette di conoscere il grado di disponibilità dell'acqua presente nel terreno;
- b) è sufficiente misurare il potenziale solo saltuariamente, in quanto la conoscenza della curva permette l'individuazione della disponibilità idrica con la sola determinazione del contenuto di umidità del suolo;
- c) La curva di ritenzione cambia fortemente da un terreno all'altro conferendo un diverso significato agronomico alle riserve del suolo, come si evince dall'andamento delle curve di ritenzione idrica in tre diversi tipi di terreno della figura sopra riportata.

Da quanto osservato, le curve di ritenzione idrica cambiano fortemente in funzione della tessitura e della struttura del terreno; il rapporto tra micro e macropori è, in tal senso, determinante. La tabella sotto riportata illustra alcuni valori orientativi per due tipi di terreno e permette alcune osservazioni di interesse agronomico:

*Valori di alcune caratteristiche idrologiche di due tipi di terreno e riserve idriche utilizzabili nei primi 40 cm di profilo*

Terreno	% del volume				R.U. m <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup>
	C.I.M.	C.C.	P.A.	A.D.	
Sabbioso	40	16	6.4	9.6	384
Argilloso strutturato.	54	42	18	24	960

I due tipi di terreno, portati alla CC, possiedono riserva utilizzabile (RU) di consistenza molto varia. Se, sulla base dei dati della tabella, valutiamo la R.U. presente in un ettaro, per la profondità di 40 cm, nei due terreni otteniamo:

1) Terreno sabbioso:  $0,40 \text{ m} \times 10.000 \text{ m}^2 \times 9,6\% = 384 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$

2) Terreno argilloso:  $0,40 \text{ m} \times 10.000 \text{ m}^2 \times 24,0\% = 960 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$

A parità di spessore, pertanto, il terreno argilloso riesce a immagazzinare e trattenere quantitativi di acqua disponibile (CC – PA = RU) per la coltura superiori rispetto al terreno sabbioso. Questa proprietà si riflette sulla tecnica irrigua in quanto, a parità di acqua da somministrare, nel primo terreno si può intervenire con volumi d'irrigazione più cospicui a intervalli più ampi, nel secondo terreno, per evitare perdite di acqua per percolazione, occorre apportare volumi più ridotti a intervalli più brevi.

Si descrivono di seguito i metodi più semplici ed utilizzati per la determinazione del contenuto di umidità del suolo e del suo potenziale idrico.

#### MISURA DEL CONTENUTO DI UMIDITÀ

##### *Metodo ponderale*

Il campione di terreno umido viene pesato, messo in stufa a 105°C fino a completo essiccamento e pesato secco. L'umidità viene espressa come % rispetto al peso secco o in volume. Per passare dall'umidità in peso a quella in volume basta moltiplicare la prima per la densità apparente del terreno (*vedi argomento sulla tessitura*).

Il contenuto di umidità del terreno viene calcolato con la seguente formula:

✓ In riferimento al peso secco 
$$U_{\%ps} = \frac{Pu - Ps}{Ps} \times 100$$

✓ In volume 
$$U_{\%v} = U_{\%ps} \times \Phi$$



dove:

$P_u$  = peso umido del campione di terreno

$P_s$  = peso secco del campione di terreno (essiccato in stufa a 105 °C)

$\phi$  = densità apparente del campione di terreno

Il contenuto di umidità nei vegetali viene calcolato con la seguente formula:

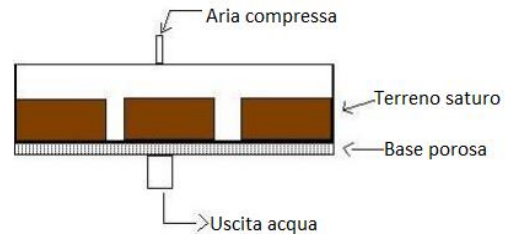
✓ in riferimento al peso umido 
$$U_{\%pu} = \frac{P_u - P_s}{P_u} \times 100$$

#### MISURA DEL POTENZIALE IDRICO DEL TERRENO

##### *Membrana porosa o piastra di Richards*

È il metodo di laboratorio più usato per determinare le caratteristiche idrologiche dei terreni.

Un campione di terreno preventivamente portato alla saturazione è posto su una membrana porosa racchiusa entro un recipiente a tenuta stagna. Con un compressore di adeguata potenza, si immette una pressione (a un valore prefissato) che provoca il deflusso della quota di acqua del campione trattenuta con una tensione pari a quella della pressione esercitata. A questo punto il campione di terra viene rimosso e se ne determina il contenuto d'acqua con il metodo ponderale. L'operazione viene ripetuta più volte. Con una serie di pressioni opportunamente scelte (da - 0,1 a - 15 bar) si può ottenere, per un dato terreno, il grafico della curva di ritenzione idrica.



## VELOCITÀ DI INFILTRAZIONE DELL'ACQUA NEL TERRENO

È la quantità di acqua che penetra nel terreno nell'unità di tempo. Viene espressa in  $\text{mm h}^{-1}$ .

La velocità di infiltrazione dipende dalla dimensione media dei pori e, di conseguenza, varia al variare della *tessitura* e della *struttura*. Essa, infatti, è maggiore nei terreni sabbiosi, caratterizzati da elevata macroporosità. Nei terreni a grana fine risulta più alta in quelli ben strutturati, mentre è particolarmente ridotta in quelli a struttura compatta.

Modificare la velocità di penetrazione dell'acqua nei terreni significa quasi sempre cercare di incrementarla. Ciò è valido per i terreni declivi ove una maggiore velocità d'infiltrazione significa maggiore *immagazzinamento d'acqua* e minori pericoli di *erosione* conseguenti ai fenomeni di ruscellamento, ma è valido anche in pianura per evitare i fenomeni di *ristagno*.

### *Classificazione delle velocità d'infiltrazione dell'acqua nel terreno (U.S. Soil Conservation Service)*

Classe	Velocità d'infiltrazione ( $\text{mm h}^{-1}$ )
molto lenta	$< 1$
lenta	$1 - 5$
moderatamente lenta	$5 - 20$
moderata	$20 - 63$
moderatamente rapida	$63 - 127$
rapida	$> 127$