



MANUALE DI AUTOVALUTAZIONE DEL SUOLO



Life+ Environment Policy and Governance
LIFE CarbOnFarm
progetto: LIFE12 ENV/IT/000719

Il progetto LIFE CarbOnFarm si inserisce nell'ambito del programma di finanziamenti europei LIFE+, attraverso i quali l'UE supporta le iniziative di salvaguardia dell'ambiente e del territorio; in particolare, il progetto LIFE CarbOnFarm interviene sulle tematiche per la protezione e la salvaguardia della risorsa suolo, attraverso l'adozione di pratiche sostenibili per la gestione della sostanza organica nel terreno agrario.

La diminuzione di sostanza organica ha come effetto immediato la riduzione della fertilità dei suoli comportando, nel medio periodo, una maggiore richiesta di input energetici ed economici (fertilizzazioni, irrigazioni, controllo delle avversità) e una progressiva riduzione della produttività; nel lungo periodo, il declino della qualità del suolo causa l'irreversibilità del processo, evidenziata dall'aumento dell'incidenza dei fenomeni di erosione e desertificazione.

L'obiettivo prioritario del progetto LIFE CarbOnFarm è migliorare il contenuto e la stabilità (sequestro) della sostanza organica dei suoli agrari, attraverso l'adozione di pratiche sostenibili sotto l'aspetto ambientale ed economico. L'incremento di sostanza organica è basato sull'apporto di compost di alta qualità, ottenuto dalla riutilizzazione degli scarti e dei sottoprodotti derivanti dalle attività agricole presenti nel territorio con il duplice vantaggio di ridurre il trattamento come rifiuti e allo stesso tempo di conferire a questi materiali un valore aggiunto economico-ambientale legato alla possibilità di ripristinare e migliorare la quantità e la qualità della sostanza organica nei suoli agrari.

Il progetto LIFE CarbOnFarm, inoltre, prevede l'applicazione di una tecnologia innovativa per incrementare la stabilità e ridurre le perdite della sostanza organica, basata sull'uso di prodotti della chimica verde eco-compatibili, che svolgono un'azione simile a quella di sistemi enzimatici naturali, rispetto ai quali hanno una maggiore versatilità e persistenza.

www.carbonfarm.eu

MANUALE DI AUTOVALUTAZIONE DEL SUOLO

La pubblicazione del manuale si colloca tra le azioni previste per la valutazione del suolo agrario nell'ambito del Progetto Life+ CarbonFarm. Il lavoro ha la finalità di supportare operatori e tecnici agricoli nella diagnosi della qualità dei suoli agrari, attraverso semplici valutazioni visive o misurazioni in campo, secondo metodologie largamente accettate a livello internazionale e adottate dalla FAO.

I manuale, organizzato in schede, è diviso in due sezioni. La prima (**Sezione A**) fornisce una valutazione della qualità del suolo in base all'analisi in campo di pochi parametri fisici, chimici e biologici tramite test visivi e quantitativi. La seconda (**Sezione B**) comprende determinazioni aggiuntive, alcune più complesse o strumentali, che consentono di approfondire la conoscenza del suolo attraverso la misura di altre sue caratteristiche.

Il manuale fornisce un metodo che al di là del grado di approssimazione delle determinazioni, risulta particolarmente valido se utilizzato per confrontare e valutare nel terreno le modifiche subite dal suolo per effetto dei cambiamenti adottati nella conduzione delle pratiche più impattanti (lavorazioni, irrigazione, gestione della sostanza organica). È, inoltre, un metodo pratico e veloce che, tramite la semplice osservazione visiva e il tatto, consente di valutare la sostenibilità delle tecniche colturali adottate, la necessità o meno di apportare correzioni e induce l'agricoltore ad essere consapevole dell'importanza di conoscere il grado di qualità fisica e biologica del proprio suolo.

Le schede della **Sezione A** sono in totale 7. I punteggi ottenuti, inseriti nel quadro di riepilogo e pesati per l'importanza attribuita alla singola valutazione, concorrono alla definizione del giudizio finale sulla qualità del terreno.

SEZIONE A: VALUTAZIONE DEL TERRENO

Valutazioni visive

- A1. Apparato radicale
- A2. Struttura del Suolo - Suola di lavorazione
- A3. Struttura del Suolo - Distribuzione della dimensione degli aggregati
- A4. Conta dei lombrichi

Valutazioni quantitative o di campo

- A5. Struttura del Suolo - Stabilità degli aggregati
- A6. Infiltrazione dell'acqua
- A7. Carbonio attivo (Carbonio labile)

Riepilogo punteggi e calcolo indici di qualità del suolo

SEZIONE B: DETERMINAZIONI AGGIUNTIVE

Campionamento del terreno con la vanga

Le valutazioni visive della qualità del suolo sono basate sull'osservazione di una zolla di terreno rimossa con una vanga o una forca a denti piatti. La fetta di terreno da esaminare va estratta intatta (indisturbata). In base alle condizioni in cui si opera, sarebbe ideale estrarre un campione profondo 20-25 cm e largo 30-40 cm. A tale profondità vi è la zona più importante per lo sviluppo delle radici e la crescita delle piante, nonché la zona con il maggiore potenziale di effetti negativi sull'infiltrazione dell'acqua, sulle perdite di carbonio del suolo, ecc.

La zolla prelevata va lasciata sulla lama della vanga o poggiata su un piano per le successive osservazioni. È opportuno descrivere la zolla attraverso un disegno o una fotografia per le future comparazioni dello stesso sito.



APPARATO RADICALE

M A N U A L E D I A U T O V A L U T A Z I O N E D E L S U O L O

Descrizione

Lo sviluppo dei sistemi radicali è un indice biologico, fortemente indicativo delle condizioni del suolo. Il sistema radicale riflette le condizioni presenti nel suolo evidenziandone l'abitabilità. La valutazione viene fatta rispetto alla tipologia e alle dimensioni (diametro) delle radici e allo sviluppo del sistema radicale della pianta.

Materiali, strumenti e tempi

Vanga, taccuino, matita e macchina fotografica. Sono necessari pochi minuti per il taglio e l'osservazione della zolla.

Interpretazione e validità

L'interpretazione è fondata sull'analisi della forma, del diametro e della distribuzione delle radici presenti nella zolla.

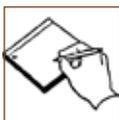
Il test viene utilizzato per determinare il grado di abitabilità del suolo per le radici, la presenza di strati compattati, di condizioni asfittiche, di strati tossici, ecc.

È utile per evidenziare eventuali problemi fisici del suolo e decidere azioni correttive.



Radici bianche ben sviluppate con fitto capillizio (foto ALSIA)

APPARATO RADICALE



1. Radice piegata ad "L" sopra la suola di lavorazione
2. Radici schiacciate in suolo compatto
3. Radici sviluppate in gallerie prodotte da lombrichi

Fonte foto:
Guide méthodique du
mini-profil 3D - Sol-D'Phy
- Agro-Transfert RT

Procedura

- **Estrai** una zolla di terreno di dimensioni 20x20x20cm e ponila assieme alla vanga su un piano per osservarla;
- **esamina** la porzione di sistema radicale che fuoriesce dai lati del cubo di terreno scavato con la vanga;
- **manipola** il terreno sulla vanga e suddividilo per la successiva descrizione della struttura del suolo;
- **evidenzia** i cambiamenti importanti e profondi osservabili nella penetrazione delle radici nel suolo (es. sindrome della radice a forma di "L");
- **osserva** se vi è un'abbondante e sproporzionata presenza di radici nello strato superficiale legato a forti ostacoli al passaggio negli strati sottostanti;
- **osserva** l'eventuale presenza di abbondanti radici sulla suola di lavorazione;
- **osserva** l'eventuale presenza di radici schiacciate tra le unità del suolo. Questo carattere indica l'incapacità dell'apparato radicale di utilizzare l'acqua e gli elementi nutritivi presenti all'interno di queste unità;
- **osserva** l'assenza di radici sottili con abbondanti peli radicali o la presenza di una sovrabbondanza di radici primarie spesse. Questi caratteri, se presenti, indicano la difficoltà (e quindi la perdita di vigore) delle radici sottili a penetrare nel suolo;
- **fotografa** la zolla di suolo, annota le osservazioni e riporta sul foglio di campo uno schizzo del profilo del suolo o delle forme e concentrazioni delle radici;
- **esprimi** il giudizio secondo lo schema seguente e riporta il corrispondente punteggio nella scheda "Riepilogo punteggi e calcolo indici di qualità del suolo".

Schema di valutazione dell'apparato radicale

Giudizio	Descrizione	Punteggio
Buona condizione	Sviluppo radicale illimitato	2
Condizione moderata	Sviluppo limitato in orizzontale e principalmente verticale	1
Condizione negativa	Restrizione severa dello sviluppo orizzontale e verticale della radice; Presenza di radici "L", sovra-ispessimento delle radici, o radici schiacciate tra le unità del suolo	0

STRUTTURA DEL SUOLO SUOLA DI LAVORAZIONE

MANUALE DI AUTOVALUTAZIONE DEL SUOLO

Descrizione

Le suole di lavorazione del terreno vengono individuate e descritte confrontando le parti inferiori e superiori del profilo. Ad esempio, lo strato superiore può avere una struttura granulare da piccola a media e sovrastare una suola di lavorazione del terreno, descritta come “massiva o piatta” con spessore definito. Tale evidenza è da considerarsi un indicatore fortemente negativo delle condizioni del suolo, oltre ad essere sintomatico di pratiche di gestione del terreno insostenibili. La suola si forma in seguito alla lavorazione del terreno con certi tipi di attrezzi (es. aratro). Gli strati superiori del terreno (generalmente dai 15 ai 20 cm di profondità) sono resi più soffici dalla lavorazione, mentre lo strato sottostante viene compattato dalla pressione esercitata dall’aratro. La formazione e l’entità dello strato compatto dipendono principalmente dalle condizioni del suolo (umidità, tessitura), dal tipo di macchine e attrezzi e dal numero di passaggi effettuati.

Lo strato di suolo compatto impedisce il movimento dell’acqua, dell’aria e lo sviluppo delle radici. Gli effetti sono: aumento del rischio di ristagno idrico, perdita di suolo poiché lo strato superiore più sciolto può essere facilmente dilavato, riduzione della produttività delle colture che presentano radici a forma di “L” e non sono in grado di sopravvivere ai periodi di siccità.

Materiali, strumenti e tempi

Vanga, taccuino e matita.

Interpretazione e validità

Il test è utile per le decisioni sulla gestione delle lavorazioni



Fonte foto:
Guide méthodique du mini-profil 3D -
Sol-D'Phy - Agro-Transfert RT

STRUTTURA DEL SUOLO

SUOLA DI LAVORAZIONE



Procedura

- **Preleva** una zolla e ponila su un piano per l'osservazione;
- **osserva** la struttura del suolo lungo il profilo ed evidenzia l'eventuale presenza e lo sviluppo di suole di lavorazione;
- **esprimi** il giudizio secondo lo schema seguente e riporta il corrispondente punteggio nella scheda "Riepilogo punteggi e calcolo indici di qualità del suolo".

Schema di valutazione struttura del suolo - Suola di lavorazione

Giudizio	Descrizione	Punteggio
Buona condizione	Nessuna suola di lavorazione, struttura friabile e pori del suolo presenti in tutto lo strato	2
Condizione moderata	Duro di consistenza, suola di lavorazione moderatamente sviluppata nella parte più bassa dello strato superficiale (o parte più elevata del sub-suolo), chiaramente stratificata o massiva ma contenenti uno o più aree con presenza di fessure o pori continui	1
Condizione negativa	Suola di lavorazione ben sviluppata nella parte inferiore dell'orizzonte superficiale (o parte superiore dell'orizzonte sotto-superficiale), con struttura massiva o laminare, con consistenza da solida a estremamente solida e pochissime o nessuna fessura o poro verticale	0



Effetti di gravi condizioni di compattamento con evidenti suole di lavorazione.



Nessuna suola di lavorazione.

Fonte foto:
Guide méthodique du mini-profil
3D - Sol-D'Phy - Agro-Transfert
RT

STRUTTURA DEL SUOLO

DISTRIBUZIONE DELLA DIMENSIONE DEGLI AGGREGATI

MANUALE DI AUTOVALUTAZIONE DEL SUOLO

Descrizione

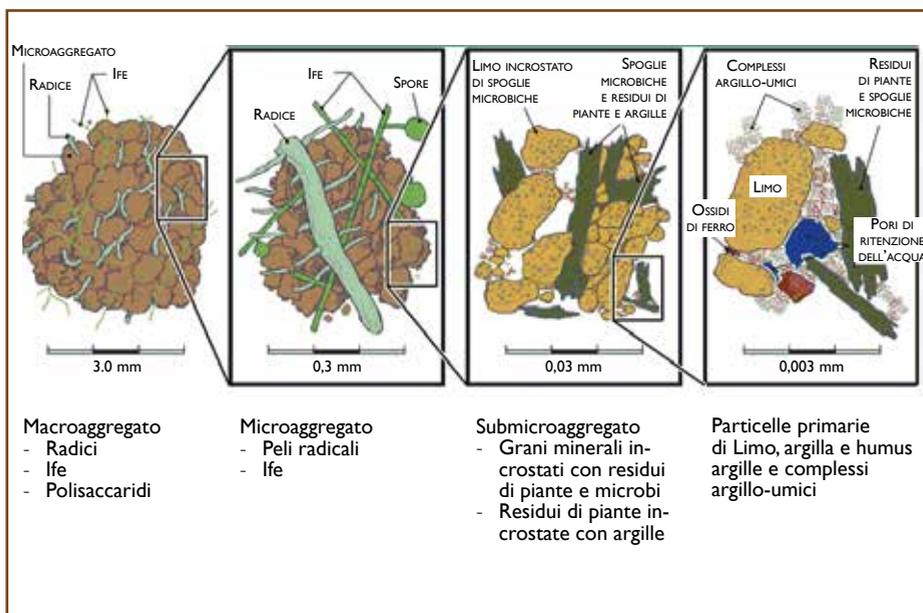
Il test valuta come sono distribuiti i macro aggregati del suolo rispetto a tre classi di dimensione: maggiore di 60 mm, da 20 a 60 mm e inferiore a 20 mm. Si esegue su un volume di suolo prelevato in modo indisturbato con una vanga. Il risultato risentirà del grado di umidità del campione, pertanto un suolo in tempera, cioè né troppo bagnato, né troppo asciutto, rappresenta la situazione ottimale.

Materiali, strumenti e tempi

Vanga, 2 setacci grossolani con maglie da 60 mm e 20 mm, riga graduata, taccuino e matita, macchina fotografica. Il tempo necessario per l'osservazione e la valutazione è di 5-10 minuti.

Interpretazione e validità

Una elevata percentuale di materiale che ricade nella frazione oltre 60 mm è indice di massività (compattamento) e di scarsa condizione fisica del suolo. Se al contrario tutto il campione ricade nella classe di dimensione inferiore a 20 mm, siamo in presenza di un terreno con macro-aggregazione potenzialmente debole; in questo caso si effettua anche l'esame del materiale con diametro inferiore a 2 mm per valutare la vulnerabilità all'erosione eolica e idrica. Il test è utile per rilevare l'impatto sulla struttura del suolo del traffico eccessivo delle macchine o di elevato carico di animali al pascolo. È un buon metodo per confrontare le differenze tra campi o aree all'interno di un campo in termini di aerazione e infiltrabilità dell'acqua nel terreno.



STRUTTURA DEL SUOLO

DISTRIBUZIONE DELLA DIMENSIONE DEGLI AGGREGATI



Procedura

- **Preleva** una zolla di 20x20x20 cm e ponila in un grande vassoio o su una tavola o su un telone;
- **applica** una leggera forza con le mani per separare la massa di suolo nei suoi macro-aggregati naturali. È importante che la rottura della massa del suolo sia effettuata in modo non energetico;
- **separa** gli aggregati in tre frazioni dimensionali come mostrato nelle foto successive: maggiore di 60 mm, da 20 a 60 mm e minore di 20 mm. Può essere utile usare setacci grossolani con maglie da 60 mm e da 20 mm, ma con l'esperienza l'operazione può essere fatta a mano con una precisione accettabile, magari tenendo una riga appoggiata sul piano come guida;
- **scatta** una fotografia come riferimento per i futuri monitoraggi;
- **esprimi** il giudizio secondo lo schema seguente e riporta il corrispondente punteggio nella scheda “Riepilogo punteggi e calcolo indici di qualità del suolo”.

Schema di valutazione struttura del suolo - Distribuzione della dimensione degli aggregati

Giudizio	Descrizione	Punteggio
Buona condizione	Buona distribuzione di aggregati friabili, più piccoli, con nessun numero significativo di zolle.	2
Condizione moderata	Il suolo contiene una percentuale significativa sia di zolle grandi sia di aggregati piccoli consistenti e friabili.	1
Condizione negativa	Suolo dominato dalla presenza di zolle estremamente consistenti, presenza di pochi aggregati piccoli e friabili.	0



Suolo con buona distribuzione di aggregati friabili, più piccoli, con nessun numero significativo di zolle.



Suolo che contiene una percentuale significativa sia di zolle grandi, sia di aggregati piccoli consistenti e sia di aggregati piccoli friabili.



Suolo dominato dalla presenza di zolle estremamente consistenti, presenza di pochi aggregati piccoli e friabili.

CONTA DEI LOMBRICHI

MANUALE DI AUTOVALUTAZIONE DEL SUOLO

Descrizione

La presenza di lombrichi è generalmente associata a buona fertilità, anche se essi rappresentano solo una piccola parte dell'universo biologico all'interno del suolo (insetti, acari, nematodi, funghi, batteri).

Le gallerie scavate dai lombrichi permettono una rapida circolazione dell'acqua, assicurano l'aerazione in condizioni di alto contenuto idrico, rappresentano la via preferenziale per lo sviluppo delle radici in profondità.

Il metodo più semplice e veloce per valutarne la numerosità consiste nel contare i lombrichi presenti in una zolla di 20x20x20 cm prelevata per effettuare gli altri test visivi sulla struttura del suolo.

Materiali, strumenti e tempi

Test semplice e veloce, sono sufficienti circa 10 minuti per la sua realizzazione.

Interpretazione e validità

La presenza di lombrichi è considerata un indicatore generale della salute del suolo, in particolare della struttura e dei livelli di carbonio.

La valutazione si basa sul numero di soggetti rinvenuti nel campione; in alternativa si tiene conto delle gallerie osservabili.

I numeri sono fortemente dipendenti dalle condizioni stagionali e rispondono ai cambiamenti nei livelli di umidità e pH. Inoltre, i lombrichi tendono ad essere dormienti (sotterranei profondi) nei mesi caldi e secchi; pertanto si suggerisce il campionamento in periodi più piovosi.

Il test non risulta utile in aree dove la pioggia annua è inferiore a 600 mm.



Lavorazione della terra da parte dei lombrichi.

Foto: Jean-François Ponge. Le ver de terre: ami ou ennemi?

CONTA DEI LOMBRICHI

Procedura

- **Preleva** una zolla;
- **disgrega** la zolla;
- **esprimi** il giudizio secondo lo schema seguente e riporta il corrispondente punteggio nella scheda “Riepilogo punteggi e calcolo indici di qualità del suolo”.

Schema di valutazione - Conta dei lombrichi

Giudizio	Descrizione	Punteggio
Pieno di lombrichi	Presenza di lombrichi >8	2
Numero moderato di lombrichi	Presenza di lombrichi tra 4 e 8	1
Presenza di pochi lombrichi	Presenza di lombrichi <4	0



STRUTTURA DEL SUOLO

STABILITÀ DEGLI AGGREGATI

MANUALE DI AUTOVALUTAZIONE DEL SUOLO

Descrizione

Il test di disgregazione e dispersione misura la stabilità del terreno quando è esposto a inumidimento rapido. Il test è qualitativo e deve essere realizzato su aggregati di suolo precedentemente seccati all'aria. Gli aggregati vengono posti in una piastra Petri contenente acqua e si osservano i due fenomeni a cui vanno incontro: la disgregazione, ovvero la rottura dell'aggregato nei suoi micro-aggregati, e la dispersione che rappresenta la scomparsa di ogni forma di aggregazione tra le particelle elementari del suolo (sabbia, limo e argilla).

Materiali, strumenti e tempi

Piastra Petri, acqua piovana o di irrigazione, orologio, taccuino e matita. Non è richiesta alcuna attrezzatura specialistica. Il test è di semplice esecuzione e richiede 10-15 minuti, partendo da aggregati precedentemente seccati all'aria.

Interpretazione e validità

In presenza di buoni livelli di sostanza organica, si osserva la sola disgregazione dell'aggregato in micro-aggregati (senza dispersione di particelle elementari di suolo) e la condizione è reversibile. In campo significa che, eliminata l'acqua in eccesso, questi si possono riaggregare ricostituendo una buona struttura del terreno. Il test fornisce indicazioni precise sulla stabilità degli aggregati e può essere utilizzato come supporto alle decisioni per le pratiche di gestione del suolo (es. applicazione di gesso, gestione della sostanza organica).



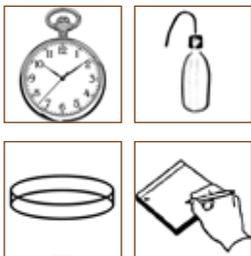
Macrofotografia di una sezione sottile di suolo da un campione indisturbato. Esempio di struttura massiva. Dimensioni originali: 30 x 24 mm. Nessuna suola di lavorazione.
Foto N. Vignozzi



Macrofotografia di una sezione sottile di suolo da un campione indisturbato. Esempio di struttura poliedrica subangolare. Dimensioni originali: 30 x 24 mm.
Foto N. Vignozzi

STRUTTURA DEL SUOLO

STABILITÀ DEGLI AGGREGATI



Procedura

- **Fai cadere** un agglomerato seccato all'aria in una piastra Petri contenente acqua (acqua piovana o acqua di irrigazione);
- **assicurati** che l'intero aggregato sia sommerso dall'acqua;
- **valuta** visivamente, dopo 10 minuti, il grado di dispersione in una scala da 0 a 4;
- **esprimi** il giudizio secondo lo schema seguente e riporta il corrispondente punteggio nella scheda "Riepilogo punteggi e calcolo indici di qualità del suolo".

Schema di valutazione della stabilità degli aggregati

Giudizio	Descrizione	Punteggio
Nessuna dispersione	Nessuna dispersione (anche se l'aggregato può rompersi)	4
Leggera dispersione	Leggera dispersione evidenziata da una leggera lattescenza dell'acqua adiacente all'aggregato	3
Moderata dispersione	Moderata dispersione con evidente lattiginosità	2
Forte dispersione	Forte dispersione con considerevole lattiginosità e circa una metà del volume iniziale degli aggregati disperso verso l'esterno	1
Dispersione completa	Dispersione completa degli aggregati iniziali in argilla, limo e grani di sabbia.	0



Forte dispersione



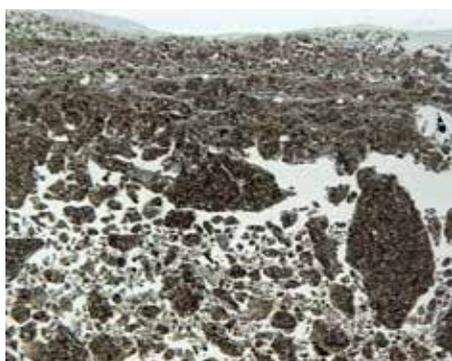
Moderata dispersione



Leggera dispersione



Nessuna dispersione



Macrofotografia di una sezione sottile di suolo da un campione indisturbato. Strato superficiale del suolo in cui è evidente la presenza della crosta. Dimensioni originali: 30 x 24 mm.

Foto N. Vignozzi

INFILTRAZIONE DELL'ACQUA

MANUALE DI AUTOVALUTAZIONE DEL SUOLO

Descrizione

Il tasso di infiltrazione è una misura della velocità di movimento dell'acqua attraverso il suolo e si esprime in mm/h. Il risultato del test è indicativo della distribuzione tra componenti solide e spazi vuoti.

La compattazione riduce gli spazi vuoti e quindi la capacità del suolo di immagazzinare e di far passare acqua e ossigeno negli strati più profondi. Con una bassa capacità di ritenzione idrica, le rese diminuiscono, il ruscellamento superficiale delle acque aumenta e il suolo diventa più vulnerabile all'erosione.

Per eseguire la prova si inserisce un cilindro nel terreno e si versa un volume noto di acqua sulla superficie circoscritta dal cilindro, registrando il tempo necessario per l'infiltrazione.

I suoli con una buona struttura generalmente hanno tassi di infiltrazione più elevati e maggiore capacità di ritenzione idrica.

Se il suolo contiene molto scheletro questo tipo di test non è praticabile.

Materiali, strumenti e tempi

Per l'osservazione si usa un tubo in acciaio da 145 mm di diametro e di 240 mm di altezza, un film sottile di polietilene, un contenitore graduato, acqua e cronometro. Il metodo può richiedere un tempo che varia da 30 minuti a diverse ore, in funzione dell'umidità di partenza del suolo. L'infiltrazione non va misurata su terreno asciutto, per cui può essere necessario, prima della misurazione, bagnare il terreno.

Se, invece, in seguito ad una pioggia o ad una irrigazione, il terreno è saturo, sarà necessario attendere 1-2 giorni per consentire il ritorno alla capacità di campo.

Il test dovrà essere eseguito in almeno tre repliche.

Interpretazione e validità

Il test può essere validamente utilizzato per le decisioni relative alla gestione del suolo e dell'irrigazione.

Calcola la velocità di infiltrazione con la formula:

$$\text{Infiltrazione (mm/h)} = ((V/A) \cdot 10)/t \cdot 3600$$

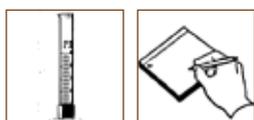
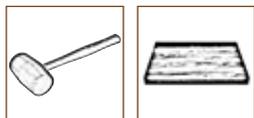
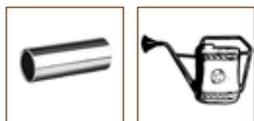
Dove V = Volume noto di acqua = 500 ml = 500 cm³

A = Area all'interno del cilindro = 165,05 cm²

t = tempo di infiltrazione in secondi

INFILTRAZIONE DELL'ACQUA

Procedura



- **Elimina** dall'area di misura eventuali residui vegetali e superficiali presenti. Se il sito è ricoperto di vegetazione, taglia l'erba quanto più vicino al suolo;
- **riduci** al minimo il disturbo al resto della superficie del suolo all'interno dell'anello;
- **bagna** preventivamente il terreno per portarlo alla capacità di campo (la capacità di campo corrisponde alla quantità di acqua che un suolo può trattenere nei micro-pori, mentre i macro-pori restano pieni di aria, assicurando l'ossigenazione). Per non far destrukturare il suolo si consiglia di utilizzare un innaffiatoio;
- **inserisci** il cilindro nel suolo per 8 cm usando un martello e un blocco di legno (fig. 1). Utilizza il dito per fissare delicatamente il terreno intorno ai bordi interni dell'anello per evitare discese di acqua che non intercettano terreno a partire dalla superficie;
- **riempi** con acqua il contenitore graduato fino al segno di 500 ml;
- **versa** l'acqua nell'anello precedentemente rivestito con il film di plastica come in fig. 2;
- **rimuovi** il film di plastica tirandolo delicatamente, rilasciando così contemporaneamente tutta l'acqua nell'anello (fig. 3);
- **misura** il tempo che occorre all'acqua per infiltrarsi nel terreno. Ferma il cronometro quando la superficie presenta una sottile pellicola di acqua. Se la superficie del suolo è irregolare all'interno dell'anello, misura il tempo fino a quando solo la metà della superficie esposta è luccicante (fig. 4);
- **calcola** la velocità di infiltrazione applicando la formula precedente;
- **esprimi** il giudizio secondo lo schema seguente e riporta il corrispondente punteggio nella scheda "Riepilogo punteggi e calcolo indici di qualità del suolo".

Schema di valutazione - Infiltrazione dell'acqua

Giudizio	Descrizione	Punteggio
Valore elevato	> 36 mm/h	2
Valore medio	> 3.6 mm/h	1
Valore molto basso	< 1 mm/h	0

CARBONIO ATTIVO (CARBONIO LABILE)

MANUALE DI AUTOVALUTAZIONE DEL SUOLO

Descrizione

Il carbonio labile è un indicatore della frazione della materia organica del suolo facilmente disponibile come fonte di energia per la comunità microbica. È la somma del carbonio della biomassa microbica, del particolato e dei carboidrati del suolo. Il carbonio attivo è correlato positivamente con la percentuale di sostanza organica, la stabilità degli aggregati e con il tasso di respirazione del terreno. È un “indicatore fondamentale” per valutare le modifiche nel breve periodo dello stato di salute del suolo in relazione ai cambiamenti nella gestione.

Il terreno viene mescolato con una soluzione di permanganato di potassio (intenso colore viola) che si schiarisce quando il carbonio si ossida. La variazione è osservabile visivamente ma per una misura accurata è necessario utilizzare uno spettrofotometro.

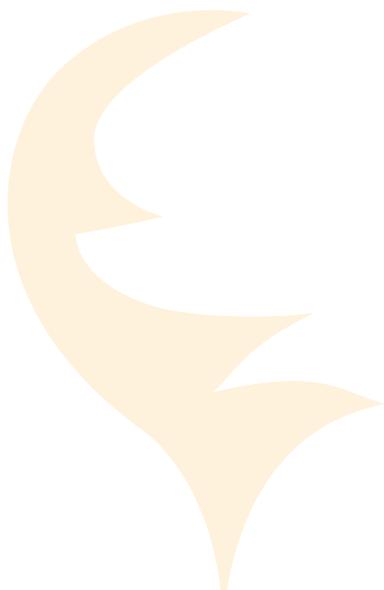
Materiali, strumenti e tempi

Kit colorimetrico (Permanganato di Potassio, Cloruro di Calcio, cartine). Il metodo è semplice, economico e veloce e non richiede alcuna conoscenza specialistica.

Interpretazione e validità

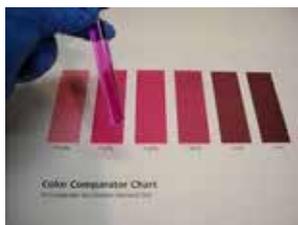
Utile per il confronto tra diversi trattamenti di gestione del terreno. Un confronto semplice può essere effettuato in campo utilizzando una carta di colori di riferimento, se il cambiamento di colore è evidente; altrimenti è necessaria la misura allo spettrofotometro. È utile nei processi decisionali relativi alle pratiche di gestione che influenzano il contenuto in carbonio organico del suolo.

Il monitoraggio delle variazioni nel carbonio attivo può essere particolarmente utile agli agricoltori che stanno cambiando le pratiche colturali al fine di aumentare la sostanza organica del suolo (ad esempio, riducendo le lavorazioni, introducendo colture di copertura, aggiungendo compost o letame maturo).

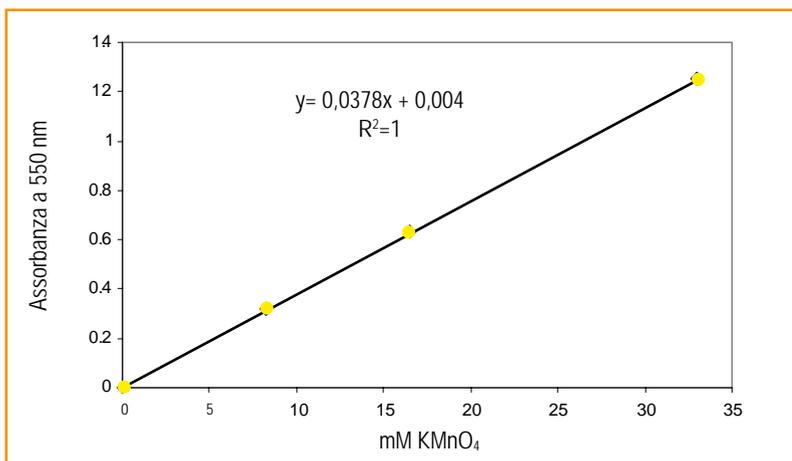


CARBONIO ATTIVO (CARBONIO LABILE)

Procedura



- **Pesa** 5 g del terreno, essiccato all'aria o in stufa, in uno dei tubi;
- **aggiungi** nel tubo 25 ml della soluzione di permanganato di potassio 0,33 Molare (M), 1 ml di cloruro di calcio 0,1 M e tappa;
- **agita** energicamente per due minuti esatti;
- **disponi** il tubo in posizione verticale, al riparo della luce diretta del Sole per 5 minuti;
- **preleva** 5 ml della soluzione e diluiscila con 45 ml di acqua distillata in un altro tubo trasparente;
- **mescola** bene e compara il colore del tubo con i colori presenti sulla carta colorimetrica;
- **utilizza** la retta di calibrazione per calcolare il carbonio attivo presente nel suolo (mg/g) dal valore di assorbanza stimato con la carta colorimetrica.
- **esprimi** il giudizio secondo lo schema seguente e riporta il corrispondente punteggio nella scheda "Riepilogo punteggi e calcolo indici di qualità del suolo".



Schema di valutazione - Carbonio attivo (Carbonio labile)

	Sabbioso (S)	Franco-Sabbioso (FS)	Franco (F) Franco-Limoso (FL) Limoso (L)	Franco-Argilloso (FA) Argilloso (A) Franco-Argilloso-Limoso (FAL) Argilloso-Limoso (AL)	Punteggio
Buon contenuto	> 1.0	> 1.4	> 1.8	> 2.0	2
Moderato contenuto	0.5-1.0	0.7-1.4	0.9-1.8	1.2-2.0	1
Scarso contenuto	< 0.5	< 0.7	< 0.9	< 1.2	0

RIEPILOGO PUNTEGGI E CALCOLO INDICI DI QUALITA' DEL SUOLO

MANUALE DI AUTOVALUTAZIONE DEL SUOLO

DESCRITTORI VISIVI DEL SUOLO (VS)

Scheda A1 - Apparato radicale

Giudizio	Descrizione	Punteggio attribuibile	Peso (A)	Punteggio attribuito (B)	Punteggio pesato (A B)
Buona condizione	Sviluppo radicale illimitato	2	3		
Condizione moderata	Sviluppo limitato in orizzontale e principalmente verticale	1	3		
Condizione negativa	Restrizione severa dello sviluppo orizzontale e verticale della radice; Presenza di radici "L", sovra-ispessimento delle radici, o radici schiacciate tra le unit del suolo	0	3		

Scheda A2 - Struttura del suolo: suola di lavorazione

Giudizio	Descrizione	Punteggio attribuibile	Peso (A)	Punteggio attribuito (B)	Punteggio pesato (A B)
Buone condizioni	Nessuna suola di lavorazione, struttura friabile e pori del suolo presenti in tutto lo strato di suolo	2	3		
Condizioni moderate	Duro, suola di lavorazione moderatamente sviluppata nella parte più bassa dello strato superficiale (o parte più elevata del sub-suolo), chiaramente stratificata o massiva ma contenente una o più aree con presenza di fessure o pori continui	1	3		
Cattive condizioni	Suola di lavorazione ben sviluppata nella parte inferiore dell'orizzonte superficiale (o parte superiore dell'orizzonte sotto-superficiale), con struttura massiva o laminare, con consistenza da solida a estremamente solida, pochissime o nessuna fessura o poro verticale	0	3		

Scheda A3 - Struttura del suolo: distribuzione della dimensione degli aggregati

Giudizio	Descrizione	Punteggio attribuibile	Peso (A)	Punteggio attribuito (B)	Punteggio pesato (A B)
Buone condizioni	Buona distribuzione di aggregati friabili, più piccoli, con nessun numero significativo di zolle	2	3		
Condizioni moderate	Il suolo contiene una percentuale significativa sia di zolle grandi sia aggregati piccoli, consistenti e friabili	1	3		
Cattive condizioni	Suolo dominato dalla presenza di zolle estremamente consistenti, presenza di pochi aggregati piccoli e friabili	0	3		

Scheda A4 - Conta dei lombrichi

Giudizio	Descrizione	Punteggio attribuibile	Peso (A)	Punteggio attribuito (B)	Punteggio pesato (A B)
Pieno di lombrichi	Presenza di lombrichi > 8	2	2		
Numero moderato di lombrichi	Presenza di lombrichi tra 4 e 8	1	2		
Presenza di pochi lombrichi	Presenza di lombrichi < 4	0	2		

RIEPILOGO PUNTEGGI E CALCOLO INDICI DI QUALITA' DEL SUOLO

MISURE DI CAMPO DEL SUOLO (FSM)

Scheda A5 - Struttura del suolo: stabilit degli aggregati

Giudizio	Descrizione	Punteggio attribuibile	Peso (A)	Punteggio attribuito (B)	Punteggio pesato (A B)
Nessuna dispersione	Nessuna dispersione (anche se l'aggregato pu rompersi)	4	1,5		
Leggera dispersione	Leggera dispersione evidenziata da una leggera latte-scenza dell'acqua adiacente all'aggregato	3	1,5		
Moderata dispersione	Moderata dispersione con evidente lattiginosit	2	1,5		
Forte dispersione	Forte dispersione con considerevole lattiginosit e circa una met del volume iniziale degli aggregati disperso verso l'esterno	1	1,5		
Dispersione completa	Dispersione completa degli aggregati iniziali in argilla, limo e grani di sabbia	0	1,5		

Scheda A6 - Infiltrazione dell'acqua

Giudizio	Descrizione	Punteggio attribuibile	Peso (A)	Punteggio attribuito (B)	Punteggio pesato (A B)
Valore elevato	> 36 mm/h	2	3		
Valore medio	> 3.6 mm/h	1	3		
Valore molto basso	< 1 mm/h	0	3		

Scheda A7 - Carbonio attivo (Carbonio labile)

Giudizio	Descrizione				Punteggio attribuibile	Peso (A)	Punteggio attribuito (B)	Punteggio pesato (A B)
	S	F S	F FL L	FA A FAL AL				
Buone condizioni	> 1.0	> 1.4	> 1.8	> 2.0	2	2		
Condizioni moderate	0.5 - 1.0	0.7 - 1.4	0.9 - 1.8	1.2 - 2.0	1	2		
Cattive condizioni	< 0.5	< 0.7	< 0.9	< 1.2	0	2		

Punteggio totale massimo 38

DESCRITTORI VISIVI DEL SUOLO	Punteggio pesato
Basso	<7
Moderato	7-14
Buono	15-22
MISURE DI CAMPO DEL SUOLO	Punteggio pesato
Basso	<5
Moderato	5-10
Buono	11-16

VS

FSM

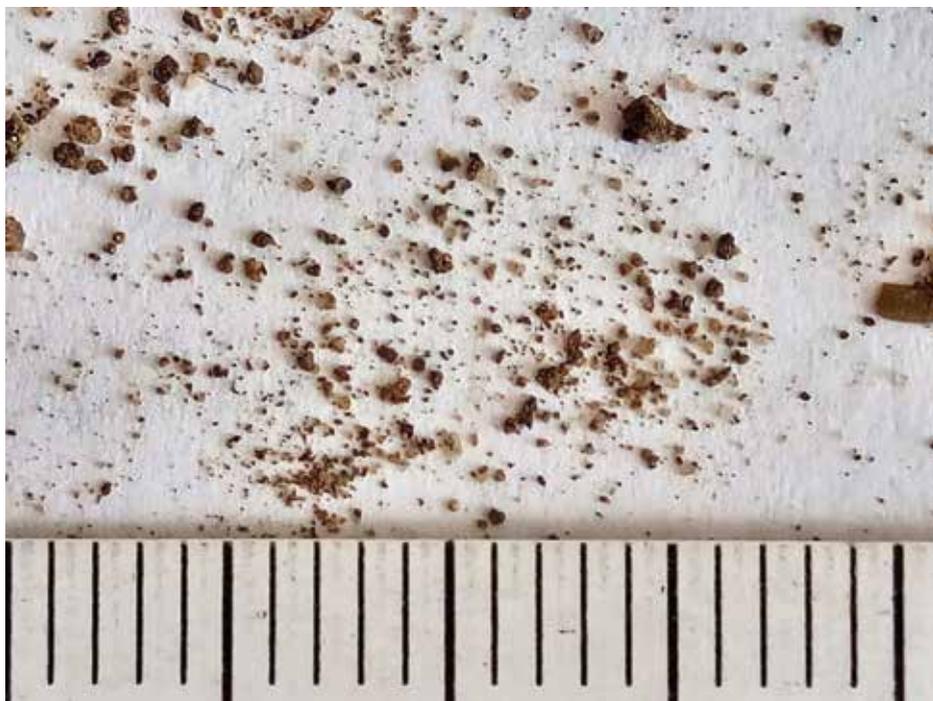
Il punteggio ottenuto va considerato come un indicatore sintetico sullo stato della qualità del suolo. Punteggi moderati/bassi impongono riflessioni sull'adozione di strategie tese al miglioramento dei suoli stessi. Il test ha maggior validità se ripetuto nel tempo anche per valutare le diverse strategie adottate.

FERRANDNA
OUUETD
11/04/08



SEZIONE B: DETERMINAZIONI AGGIUNTIVE

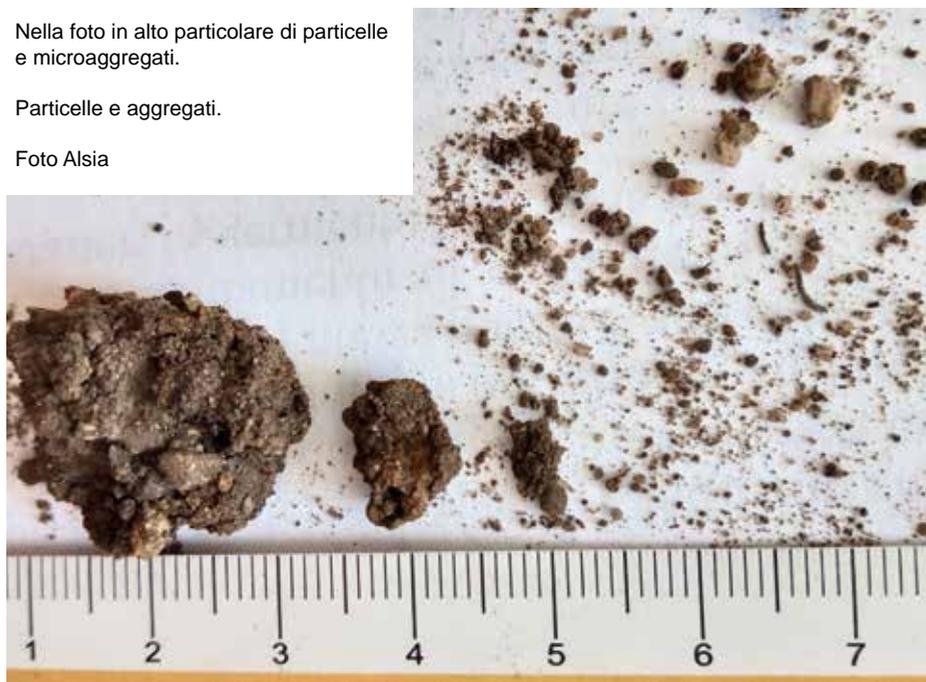
- B1. Struttura del suolo - Tipo, dimensione, grado e consistenza
- B2. Tessitura del suolo
- B3. Densità del suolo e contenuto idrico
- B4. Colore del suolo
- B5. Repellenza del suolo all'acqua
- B6. Contenuto in carbonati del suolo
- B7. Valutazione del pH
- B8. Conducibilità elettrica
- B9. Contenuto in nitrati del suolo



Nella foto in alto particolare di particelle e microaggregati.

Particelle e aggregati.

Foto Alsia



STRUTTURA DEL SUOLO TIPO, DIMENSIONE, GRADO E CONSISTENZA

MANUALE DI AUTOVALUTAZIONE DEL SUOLO

Descrizione

La struttura del suolo è rappresentata dall'arrangiamento spaziale in cui le particelle elementari (sabbia, limo, argilla) vengono riunite, ad opera di forze di attrazione chimico-fisiche e per intervento di sostanze prodotte dagli apparati radicali e dall'attività microbica, in formazioni di maggiori dimensioni chiamati "ped" o **aggregati**.

I test visivi esaminano quattro caratteristiche fondamentali della struttura del suolo: il tipo, la dimensione, il grado e la consistenza degli aggregati.

Materiali, strumenti e tempi

Il test visivo di campo è apparentemente semplice, pur richiedendo una formazione adeguata e costante, non necessita di attrezzature particolari e non ha costi. Le tabelle di dimensione e forma sono un supporto importante e permettono di ridurre la soggettività dei giudizi, rendendo coerenti le misure. L'esecuzione di fotografie è estremamente preziosa per questo aspetto della descrizione del suolo.

Interpretazione e validità

La struttura del suolo dipende dalla tessitura, dal contenuto di sostanza organica e dalle proprietà chimiche e biologiche. Il test consente di monitorare quali azioni possono migliorare e proteggere la struttura ed è estremamente utile per valutare la variabilità del terreno in un'azienda o in un profilo in relazione agli effetti dei cambiamenti delle tecniche di gestione.

La struttura del terreno influenza fortemente sia la fertilità sia le tecniche di coltivazione e definisce i rapporti che intercorrono tra la fase solida, liquida e gassosa determinando alcune caratteristiche quali umidità, tenacità, temperatura ed aerazione.

La stabilità della struttura è l'attitudine degli aggregati a resistere alle sollecitazioni che tenderebbero a disgregarli: più è alta la stabilità più gli aggregati persisteranno e conferiranno al suolo quelle proprietà positive che da essi dipendono.

La formazione di aggregati lascia nel terreno degli spazi liberi, che vengono occupati da aria o acqua: la percentuale di questi spazi, in relazione a quelli occupati da sostanze solide, prende il nome di porosità. È in questi spazi che si sviluppano le radici, vivono i microrganismi, avvengono gli scambi liquidi e gassosi determinanti per la vita delle piante.

STRUTTURA DEL SUOLO

TIPO, DIMENSIONE, GRADO E CONSISTENZA

TIPO

Le principali tipologie di struttura del suolo sono: granulare, a blocchi, prismatica, colonnare, lamellare, a grana singola, cuneiforme e massiva. I suoli che non presentano struttura possono essere formati da singoli granuli (incoerenti) o da particelle che aderiscono tra loro senza alcuna regolare distribuzione visibile (massivi).

			
<p>Granulare Grani in genere di diametro <0,5 cm. Si trova comunemente negli orizzonti superficiali dove crescono le radici.</p>	<p>A blocchi Blocchi irregolari di diametro tra 1,5 e 5 cm.</p>	<p>Prismatica Strutture verticali a colonna lunghe anche diverse decine di centimetri. Presenti negli orizzonti profondi.</p>	<p>Colonnare Colonne verticali che presentano una efflorescenza salina sulla sommità. Presenti in suoli a clima arido. Lunghe anche diverse decine di centimetri.</p>
			
<p>Lamellare Lamelle di suolo piatte e sottili che si dispongono orizzontalmente. Di solito presenti in suoli compatti.</p>	<p>A grana singola Struttura incoerente, il suolo è separato in particelle individuali che non aderiscono tra di loro. La consistenza è in genere sciolta. Comunemente presente in suoli sabbiosi.</p>	<p>Cuneiforme Inclinata (lungo la linea di massimo spessore)</p>	<p>Massiva Il suolo non ha una struttura visibile, è duro da frantumare e appare come una grande zolla anche di diverse decine di centimetri.</p>

Fonte: A Methodology of a Visual Soil - Field Assessment Tool - to support, enhance and contribute to the LADA program. Des McGarry

DIMENSIONE

È la dimensione media/minima degli aggregati ed è specifica per ciascuna struttura, che presenta proprie classi dimensionali.

Classe dimensionale	Lamellare	Prismatica e colonnare	Poliedrica e nuciforme	Granulare e grumosa	Cuneiforme
	Dimensioni in millimetri				
Fine	<2	<20	<10	<2	<20
Media	2-5	20-50	10-20	2-5	20-50
Grande	5-10	50-100	20-50	5-10	50-100
Molto grande	>10	>100	>50	>10	>100

STRUTTURA DEL SUOLO

TIPO, DIMENSIONE, GRADO E CONSISTENZA

GRADO

Il grado esprime la differenza relativa tra le forze di coesione all'interno degli aggregati e le forze di adesione tra quelle adiacenti.

La struttura in termini di Grado si classifica in:

Senza Aggregazione - Non si verifica la presenza di aggregati nel terreno - Ciò corrisponde ad un aspetto massivo come un blocco o, al contrario, alla condizione di particelle sciolte, come nel caso della sabbia.

Debole Aggregazione - Gli aggregati sono molto poco evidenti - Trattando il terreno si può vedere facilmente che un insieme di alcuni aggregati di grandi proporzioni.

Moderata Aggregazione - Aggregati relativamente evidenti - Movimentando la terra si può notare la presenza di aggregati maggiori e aggregati derivati da frammentazione in proporzioni più basse.

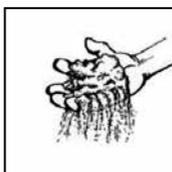
Forte - Aggregati molto distinti nel profilo - Movimentando il materiale si vedono aggregati interi, bassa proporzione di aggregati frammentati e poco o nessun materiale non aggregato.

CONSISTENZA

La consistenza si riferisce all'intensità ed alla natura delle forze di coesione ed adesione del suolo, alla sua resistenza ad essere frantumato meccanicamente, ad essere deformato oppure rotto.

Procedura

- **Prendi** un aggregato dall'orizzonte superficiale. Se il suolo è molto secco bagnalo con una spruzzetta.
- 
- **Tieni** l'aggregato tra il dito pollice e l'indice e comprimilo fino a che non «scoppia» o cade.
 - **Classifica** il comportamento dell'aggregato alla compressione in una delle categorie riportate nel disegno.



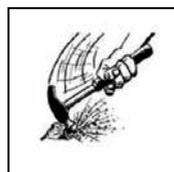
Sciolto



Friabile



Duro



Estremamente duro

Fonte: A Methodology of a Visual Soil - Field Assessment Tool - to support, enhance and contribute to the LADA program. Des McGarry

- **Annota** sul quaderno la risposta alla compressione e ripeti la valutazione per i diversi orizzonti del tuo profilo.

STRUTTURA DEL SUOLO

TIPO, DIMENSIONE, GRADO E CONSISTENZA

STATO DI AGGREGAZIONE DELLE PARTICELLE

Tra i fattori che influenzano lo stato di aggregazione delle particelle e quindi la struttura del terreno si evidenziano:

- **sostanza organica**, la cui azione si diversifica a seconda del suo grado di evoluzione: durante i primi stadi di decomposizione i prodotti che si formano aumentano energicamente, ma per breve tempo (in quanto vengono ulteriormente degradati) lo stato di aggregazione delle particelle, mentre all'ultimo stadio di decomposizione si liberano gli acidi umici (humus stabile) che sono meno potenti ma la cui azione è maggiormente prolungata (resistenza all'attacco microbico). Ne consegue che qualsiasi apporto di sostanza organica contribuisce a migliorare la struttura del terreno, anche se il risultato sarà influenzato dal suo grado di mineralizzazione;
- **lavorazioni**, possono avere effetti negativi o positivi. Tra gli effetti negativi si evidenzia l'aumento della velocità di degradazione della sostanza organica, la frantumazione e polverizzazione degli aggregati per effetto puramente meccanico (in caso di eccessiva secchezza del terreno), lo spappolamento degli aggregati stessi in condizioni di eccessiva umidità, il costipamento del suolo dovuto al calpestio ed all'uso delle macchine. Tra gli effetti positivi ricordiamo la creazione di zolle, la cui porosità è perfezionata dall'intervento di macchine affinatrici o dagli agenti atmosferici; inoltre le lavorazioni permettono l'incorporamento della sostanza organica nel terreno;
- **variazioni del contenuto idrico**, l'alternarsi di periodi di siccità a periodi di bagnato concorrono alla formazione di aggregati solo nei substrati ricchi di argille ed humus, ma non in quelli troppo sabbiosi;
- **effetti del gelo e del disgelo**, agiscono in particolare sulla disgregazione delle zolle, contribuendo all'aumento e contrazione volumetrica dei liquidi penetrati nella zolla causando una parziale disidratazione dei colloidi e quindi una diminuzione del loro potere cementante;
- **sali solubili**, in particolare fosfati e calcio (nella giusta dose) contribuiscono alla flocculazione delle argille e partecipano, unitamente all'humus alla cementazione degli aggregati in grumi più consistenti;
- **fauna terricola** (es. lombrichi) interagisce con la struttura del terreno mediante la creazione di gallerie, mescolando quindi la sostanza organica con materiale inorganico, producendo e disperdendo nel terreno sostanze organiche molto bioattive;
- **apporto di ammendanti**, cioè di quelle sostanze di varia natura che tendono a correggere le caratteristiche negative del terreno; può servire a migliorare la struttura del terreno. Ad esempio l'argilla e la sabbia possono essere ammendanti rispettivamente per terreni eccessivamente sabbiosi o argillosi. I sali di calcio possono essere aggiunti al terreno per favorire la flocculazione delle argille.

TESSITURA DEL SUOLO

MANUALE DI AUTOVALUTAZIONE DEL SUOLO

Descrizione

La tessitura descrive la composizione percentuale in peso del suolo rispetto alla dimensione delle particelle fino a 2 mm di diametro.

Classi granulometriche del terreno - Classificazione USDA

Frazione	Diametro (mm)
Sabbia molto grossa	2-1
Sabbia grossa	1-0,5
Sabbia media	0,5-0,25
Sabbia fine	0,25-01
Sabbia molto fine	0,1-0,05
Limo	0,05-0.002
Argilla	<0,002

La tessitura influenza tutte le proprietà fisiche del suolo, in particolare la permeabilità all'aria e all'acqua, il livello di materia organica, la capacità di immagazzinamento di acqua e sostanze nutritive, l'abitabilità per le radici, la lavorabilità e la resistenza all'erosione.

Questo parametro può essere valutato empiricamente usando il senso del tatto con la **"tecnica del nastro"**. I campioni di terreno da valutare possono essere raccolti in superficie o lungo un profilo del suolo.

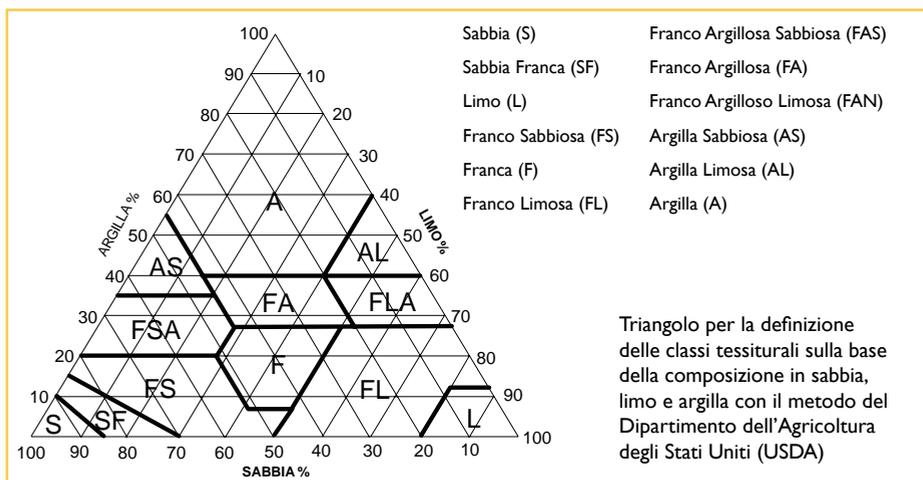
Materiali, strumenti e tempi

Il test è molto semplice e si basa sull'osservazione in campo. Non è richiesta alcuna attrezzatura e si esegue in pochi minuti.

Interpretazione e validità

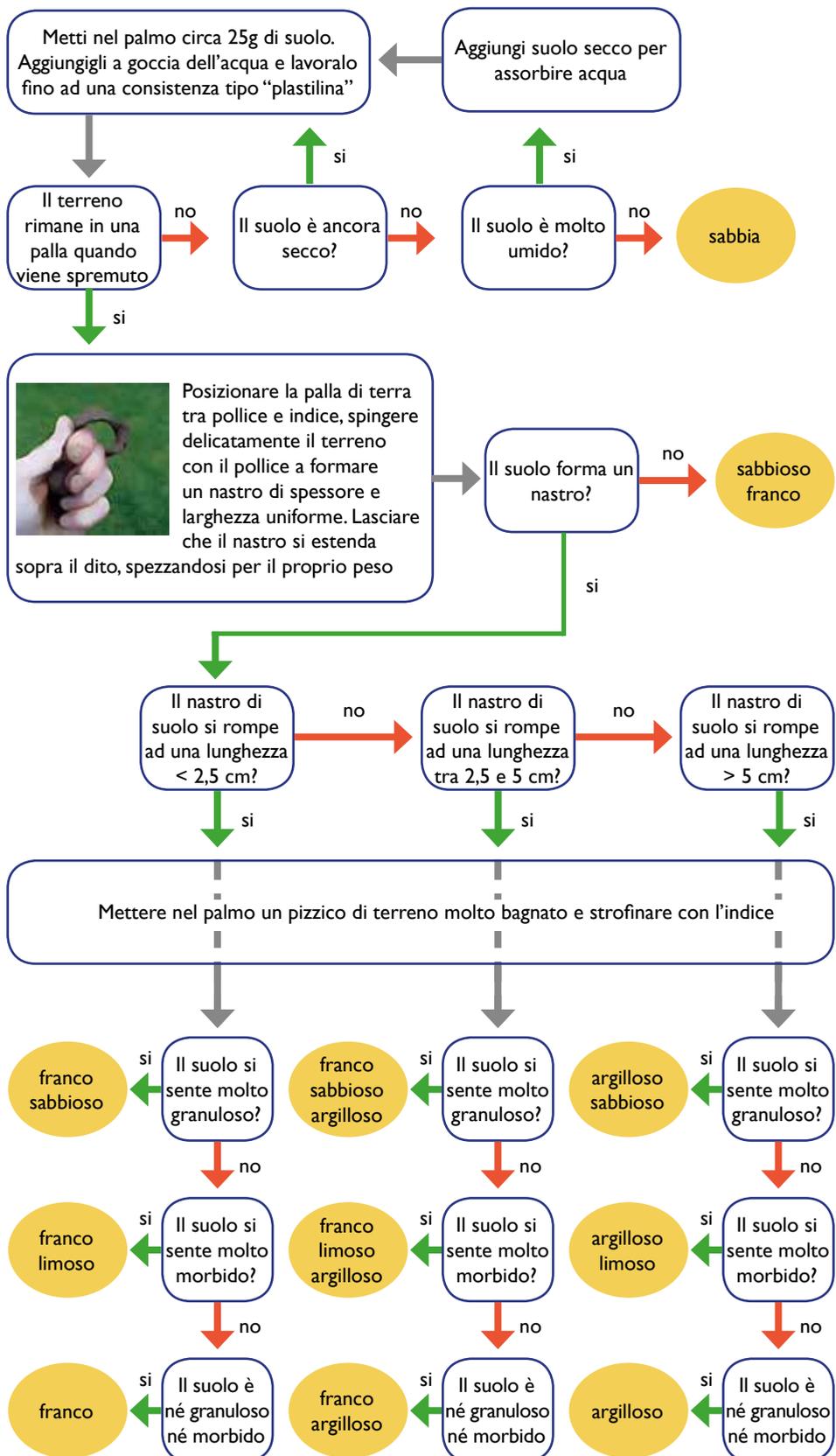
È un test che risente della soggettività di giudizio, ma l'errore si riduce se si raggiunge una buona esperienza e manualità nell'esecuzione.

È molto efficace per valutare in modo veloce la tessitura del suolo, in abbinamento ad altri test sulla struttura.



TESSITURA DEL SUOLO

Determinazione della tessitura del suolo con procedura fondata sul tatto



DENSITÀ DEL SUOLO E CONTENUTO IDRICO

MANUALE DI AUTOVALUTAZIONE DEL SUOLO

Descrizione

La densità di un suolo rappresenta il peso per unità di volume e si esprime solitamente in t/m^3 o g/cm^3 . Il suo valore varia in funzione della porosità, cioè degli spazi vuoti presenti nel suolo e quindi del grado di compattamento.

Per densità di massa del terreno o **densità apparente (D_a)** intendiamo proprio il peso dell'unità di volume di terreno, spazi inclusi. In funzione della struttura e del contenuto di sostanza organica del suolo, il valore ricade spesso tra 1,0 e 1,6 g/cm^3 .

Il peso delle sole particelle di terreno per unità di volume, senza spazi vuoti è detto **densità reale (D_r)**, è meno variabile della densità apparente e nei suoli agrari è compresa tra 2,6 e 2,7 g/cm^3 . Solo nei suoli torbosi si trovano valori più bassi.

Si usa convenzionalmente il valore di 2,65 g/cm^3 .

Per la misura della densità apparente si preleva un campione di terreno di volume noto e si allontana l'acqua presente nei pori sottoponendolo ad essiccazione in stufa a 105 °C per 24 ore.

Le due misurazioni di peso (prima e dopo l'essiccazione) permettono di calcolare direttamente la densità e il contenuto idrico gravimetrico:

Densità apparente (D_a) = Peso secco/Volume del suolo indisturbato.

Contenuto idrico gravimetrico (%) = $(P_u - P_s) / P_s \cdot 100$

dove: P_u = Peso suolo umido

P_s = Peso suolo secco

Inoltre, con gli stessi dati possiamo ricavare altri due parametri fondamentali per la descrizione del terreno che sono il contenuto idrico volumetrico e la porosità:

Il **Contenuto idrico volumetrico** rappresenta il contenuto di acqua per unità di volume di suolo:

Contenuto idrico volumetrico = $D_a \cdot$ Contenuto idrico gravimetrico

La **porosità** rappresenta la porzione di spazi vuoti per unità di volume di suolo:

Porosità = $(D_r - D_a) / D_r \cdot 100$

DENSITÀ DEL SUOLO E CONTENUTO IDRICO

Materiali, strumenti e tempi

Sono necessarie alcune attrezzature specialistiche: cilindro metallico di campionamento del suolo o altro modo per determinare il volume di terreno estratto, bilancia tecnica con accuratezza di +/- 0,1 g, stufa a 105 °C +/- 5 °C oppure forno a microonde. I costi per la realizzazione e i tempi sono alquanto ridotti.

Interpretazione e validità

La densità e gli altri parametri derivati sono indicatori fisici fondamentali per la valutazione del suolo.

Il test può essere utilizzato per diagnosticare problemi di compattamento e per calcolare la disponibilità idrica.

Valori elevati di densità apparente sono indice di bassa porosità e quindi di ridotta disponibilità di ossigeno che causano una riduzione del grado di abitabilità del terreno da parte delle radici.

La Densità di Massa Limitante della Crescita (DMLC) è il valore di densità che comporta problemi per lo sviluppo delle piante.

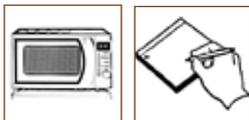
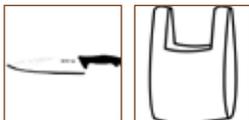
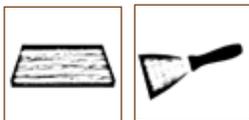
Si possono riscontrare problemi di crescita se la densità apparente supera 1.5 t/m³ in terreni argillosi, 1.65 t/m³ in terreni franchi o 1.8 t/m³ in terreni sabbiosi.

È un parametro essenziale per tutti i calcoli di disponibilità totale di acqua, nutritivi o carbonio nello strato di terreno esplorato dalle radici, per i bilanci nutrizionali e la gestione dell'irrigazione.

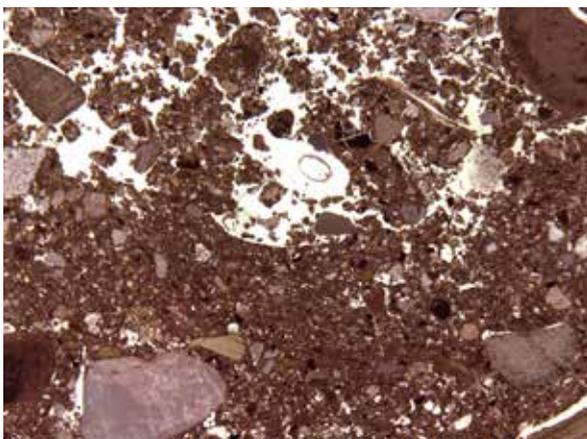
Terreno	Densità reale (g/cm ³)	Densità apparente (g/cm ³)	Porosità (cm ³ /cm ³)
suoli coltivati non organici, 0-30 cm:			
tessitura media-pesante	2,60	1,4 - 1,7	0,46 - 0,35
tessitura leggera	2,60	0,8 - 1,4	0,69 - 0,46
sottosuoli e roccia madre	2,65	1,5 - 1,8	0,43 - 0,32
pascoli e suoli forestali, orizzonte A	2,40	0,8 - 1,2	0,67 - 0,50
suoli torbosi	1,40	0,1 - 0,3	0,93 - 0,79

DENSITÀ DEL SUOLO E CONTENUTO IDRICO

Procedura (Metodo del cilindro)



- **Infiggi** il cilindro metallico nel suolo per 9 cm utilizzando un martello e un blocco di legno;
- **scava** intorno e sotto l'anello con la spatola;
- **solleva** il cilindro pieno con cautela per evitare qualsiasi perdita del suolo;
- **rimuovi** il terreno in eccesso dal campione con un coltello a lama intera, tocca il campione il meno possibile;
- **spingi**, usando il coltello, il campione in un sacchetto sigillabile in plastica;
- **sigilla** ed etichetta il sacchetto;
- **pesa** con bilancia tecnica il campione di terreno nel suo sacchetto e annota il valore;
- **pesa** un sacchetto di plastica vuoto per tenerne conto nei calcoli;
- **mescola** con le dita accuratamente il suolo nel sacchetto;
- **poni** 100 g di suolo in una tazza di alluminio o vetro di cui conosci il peso a vuoto e annota il valore;
- **metti** in stufa a 105 °C per 24 ore o fino a quando non si osservano variazioni rispetto alla pesata precedente. Se si usa un forno a microonde alternare 2-3 cicli di riscaldamento, a potenza piena per 4 minuti, ad aperture del forno;
- **pesa** il suolo secco con la sua tazza;
- **calcola** il valore di densità del suolo e il suo contenuto idrico.



Macrofotografia di una sezione sottile di suolo ottenuta da un campione indisturbato. È evidente la brusca variazione di porosità corrispondente al limite inferiore dello strato lavorato (suola di lavorazione). Dimensioni originali: 43 x 32 mm.

Foto N. Vignozzi

DENSITÀ DEL SUOLO E CONTENUTO IDRICO

$$\text{Volume cilindro (cm}^3\text{)} = r^2 \cdot \pi \cdot h$$

dove

r (cm) = raggio interno del cilindro

h (cm) = altezza cilindro

$$\text{Contenuto idrico gravimetrico (\%)} = (P_u - P_s) / P_s \cdot 100$$

dove

P_u (g) = Peso suolo umido utilizzato per la misura dell'umidità

P_s (g) = Peso suolo secco ottenuto dalla misura dell'umidità

Densità apparente

$$D_a \text{ (g/cm}^3\text{)} = P_s / V$$

$$\text{Porosità (cm}^3\text{/cm}^3\text{)} = (D_r - D_a) / D_r \cdot 100$$

Esempio numerico

Un campione di terreno è stato estratto in un suolo coltivato con un cilindro di 10 cm di diametro e 8 cm di lunghezza. Il peso del campione umido è di 1.000 g. Dopo l'essiccazione in stufa il campione pesa 800 g.

Volume:

$$V = r^2 \pi h = 5^2 \cdot 3,14 \cdot 8 = 628 \text{ cm}^3$$

Contenuto idrico gravimetrico sul secco:

$$(P_u - P_s) / P_s \cdot 100 = (1000 - 800) / 800 \cdot 100 = 25\%$$

Densità apparente:

$$D_a = P_s / V = 800 / 628 = 1,27 \text{ g/cm}^3$$

Contenuto idrico volumetrico:

$$\text{Contenuto idrico gravimetrico} \cdot D_a = 25\% \cdot 1,27 = 31,8\%$$

Porosità:

$$(D_r - D_a) / D_r \cdot 100 = (2,65 - 1,27) / 2,65 \cdot 100 = 52\%$$

COLORE DEL SUOLO

MANUALE DI AUTOVALUTAZIONE DEL SUOLO

Descrizione

Il colore è misurato allo stato umido e secco del suolo. I colori diversi all'interno di un orizzonte sono registrati anche per dimensioni e contrasto. È necessario utilizzare una tabella di colori standard del terreno.

Materiali, strumenti e tempi

È un semplice test di osservazione in campo che richiede poca formazione e i risultati sono ragionevolmente ripetibili tra gli operatori. La tabella dei colori di riferimento è la tavola Munsell o una equivalente. Il costo della valutazione è dato dall'acquisto della tavola. In alternativa in rete è disponibile l'App "Soil Color Chart".

Interpretazione e validità

Il colore del terreno fornisce indicazioni sul grado di lisciviazione, sull'accumulo di sostanza organica e sull'idrologia di un suolo.

La determinazione del colore è molto utile per realizzare una mappatura degli appezzamenti e valutare le differenze di terreno all'interno di un'azienda o di un profilo. È un indicatore utile dello stato di drenaggio di un profilo del suolo e informa sul suo processo pedogenetico e sulla composizione specifica del terreno.

La sostanza organica conferisce una colorazione bruno-marrone, gli ossidi di ferro giallo-bruna, rossa o bluastro in ambiente riducente, gli ossidi di manganese antracite e i silicati e il quarzo una colorazione chiara.

Il colore influenza la temperatura del suolo poiché al suo variare cambia l'assorbimento della radiazione solare.

Il Modello Munsell:

Il cerchio cromatico è suddiviso in:

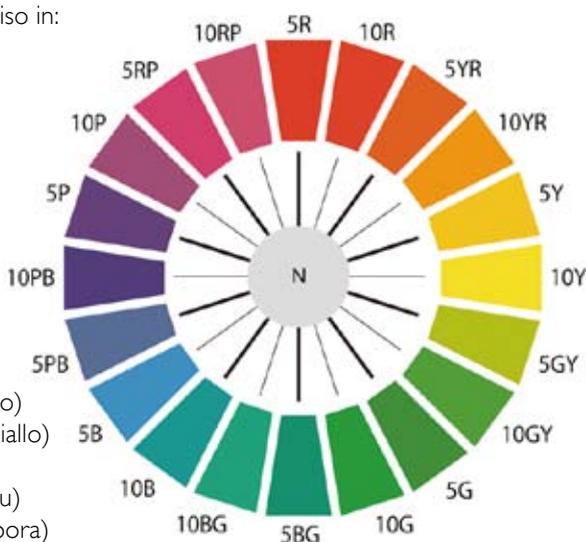
5 tinte principali:

- R - Red (Rosso)
- Y - Yellow (Giallo)
- G - Green (Verde)
- B - Blue (Blu)
- P - Purple (Porpora)

5 tinte secondarie:

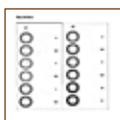
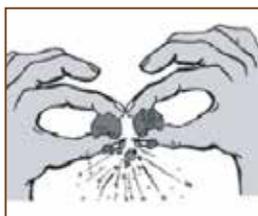
- YR - Yellow Red (Giallo Rosso)
- GY - Green Yellow (Verde Giallo)
- BG - Blue Green (Blu Verde)
- PB - Purple Blue (Porpora Blu)
- RP - Red Purple (Rosso Porpora)

N - Neutral colors (Colori neutri)



COLORE DEL SUOLO

Procedura



- **Prendi** un aggregato di terreno da ogni orizzonte e annota sulla scheda se è umido o secco. Se è asciutto, inumidiscilo leggermente con acqua;
- **mettiti** con il sole alle spalle in modo che la luce del sole illumini la tabella dei colori e il campione di suolo che stai esaminando;
- **rompi** l'aggregato così da avere l'esposizione di una superficie fresca;
- **classifica** il suolo in base al colore utilizzando la carta Munsell oppure l'app per smartphone.
- **denomina**, in alternativa, il campione di suolo come di colore rosso, marrone, grigio, nero, bianco, ecc. (vedi tabella seguente).

Minerale	Formule	Dimensione	Munsell	Colore
Ghetite	FeOOH	1 - 2 mm	10YR 8/6	giallo
Ghetite	FeOOH	~ 0,2 mm	7.5YR 5/6	marrone intenso
Ematite	Fe ₂ O ₃	~ 0,4 mm	5R 3/6	rosso
Ematite	Fe ₂ O ₃	~ 0,1 mm	10R 4/8	rosso
Lepidocrocite	FeOOH	~ 0,5 mm	5YR 6/8	rosso - giallo
Lepidocrocite	FeOOH	~ 0,1 mm	2.5YR 4/6	rosso
Ferridrite	Fe(OH) ₃		2.5 YR 3/6	rosso scuro
Glauconite	K(Six Al _{4-x})(Al,Fe,Mg)O ₁₀ (OH) ₂		5Y 5/1	grigio scuro
Ferro solfuro	FeS		10YR 2/1	nero
Pirite	FeS ₂		10YR 2/1	nero metallico
Iarosite	KFe ₃ (OH) ₆ (SO ₄) ₂		5Y 6/4	giallo pallido
Todorochite	MnO ₄		10YR 2/1	nero
Humus			10YR 2/1	nero
Calcite	CaCO ₃		10YR 8/2	bianco
Dolomite	CaMg(CO ₃) ₂		10YR 8/2	bianco
Gipsite	CaSO ₄ 2H ₂ O		10YR 8/3	marrone molto chiaro
Quarzo	SiO ₂		10YR 6/1	grigio chiaro

REPELLENZA DEL SUOLO ALL'ACQUA

MANUALE DI AUTOVALUTAZIONE DEL SUOLO

Descrizione

I suoli idrorepellenti tendono a formare un film di acqua che non bagna la superficie del terreno e rallenta fortemente l'infiltrazione delle acque piovane o di irrigazione. La repellenza all'acqua dei suoli è causata dalla presenza di cere a lunga catena contenute nella sostanza organica poco umificata. Tale condizione può portare alla riduzione della produzione di colture e pascoli e, in casi estremi, a suoli nudi.

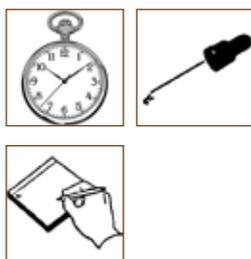
Materiali, strumenti e tempi

Il test di campo per valutare la idrorepellenza di un suolo è semplice e veloce, l'attrezzatura richiesta è minima: timer, acqua deionizzata, contagocce.

Interpretazione e validità

L'interpretazione dei risultati è molto semplice. Il grado di repellenza è valutato in funzione del tempo di scomparsa della goccia d'acqua (diametro 6 mm) dalla superficie del suolo. La repellenza viene classificata in: non significativa, molto bassa, bassa, moderata, da moderata a grave. È un test estremamente utile nei suoli sabbiosi per determinare se la repellenza all'acqua costituisca un problema.

Procedura



- **Fai cadere** una goccia di acqua deionizzata da un'altezza di 1,5 cm sulla superficie del suolo;
- **osserva** se l'acqua assume una forma sferoidale. In caso positivo, il suolo è repellente;
- **misura** il tempo per il quale l'acqua mantiene la forma sferoidale senza infiltrarsi nel suolo.

Tabella di valutazione:

tempo necessario alla goccia per scomparire dalla superficie del suolo:



tempo in secondi	repellenza all'acqua
<1	non significativa
1-10	molto bassa
10-50	bassa
50-260	moderata
>260	grave

CONTENUTO IN CARBONATI DEL SUOLO

MANUALE DI AUTOVALUTAZIONE DEL SUOLO

Descrizione

Il contenuto in carbonati in campo si può valutare osservando gli effetti che alcune gocce di acido cloridrico concentrato (HCl 1 Normale - "1N") svolgono a contatto del suolo. L'acido cloridrico determina la dissoluzione dei carbonati con emissione di CO₂ che produce una effervescenza sia udibile che visibile a diversa intensità in relazione alla quantità di carbonati presenti nel terreno.

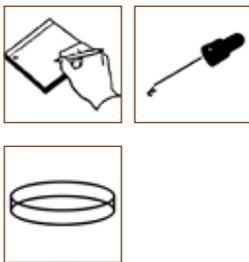
La presenza dei carbonati risulta di notevole importanza per l'azione che lo ione calcio svolge nel determinare le caratteristiche fisiche e chimiche dei suoli. Il calcio infatti contribuisce alla formazione di aggregati strutturali stabili, al mantenimento di valori di pH tra neutri e subalcalini, avendo un elevato potere tampone.

Materiali, strumenti e tempi

Contagocce contenente HCl 1N, piastra Petri o capsula di porcellana. Il test è molto rapido.

Interpretazione e validità

Il test stima con buona approssimazione il contenuto in carbonati; è valido per contenuti in carbonati non superiore al 10%. Quantità crescenti di calcare determinano l'insolubilizzazione di alcuni nutrienti indispensabili per un normale sviluppo delle piante.



Procedura

La valutazione è solo sensoriale, sia visiva che uditiva.

- **Fai cadere** qualche goccia di soluzione HCl 1N sulla superficie del suolo;
- **osserva** se si evidenziano bollicine e ascolta se è presente un rumore legato all'evoluzione della CO₂;
- **classifica** il suolo in base al contenuto in carbonati utilizzando la tabella sottostante.

descrizione di campagna e valori limite	CaCO ₃ (%)	reazione stimabile	
		con l'udito	con la vista
non carbonatico	0,1	nessuna	nessuna
molto poco carbonatico	0,5	da appena percettibile a scarsamente udibile	nessuna
poco carbonatico	1	da percettibile fino ad udibile moderatamente	leggera effervescenza limitata a granuli singoli scarsamente visibili
	2	da moderatamente e chiaramente udibile anche lontano dall'orecchio	effervescenza generalizzata visibile solo da molto vicino
carbonatico	5	molto evidente e chiara	effervescenza moderata; evidenti bollicine fino a 3 mm di diametro
molto carbonatico	10	molto evidente e chiara	effervescenza violenta; evidenti bollicine anche di 7 mm di diametro

VALUTAZIONE DEL pH

MANUALE DI AUTOVALUTAZIONE DEL SUOLO

Descrizione

Il pH può essere valutato in campo attraverso test colorimetrici o tramite pHmetro portatile. È un indicatore di acidità o alcalinità del suolo. Influenza la crescita vegetale, l'attività microbica e la solubilità dei minerali del suolo. Valori di pH compresi tra 6 e 7,5 sono considerati ottimali per la crescita delle piante. I campioni di terreno possono essere raccolti scavando con una pala oppure praticando un foro con una trivella.

TEST COLORIMETRICO

Materiali, strumenti e tempi

Il test è molto semplice e richiede una formazione minima, non sono necessarie attrezzature specializzate. Le cartine indicatrici sono economiche e disponibili presso i rivenditori di prodotti in agricoltura.

Interpretazione e validità

L'interpretazione è piuttosto limitata e si consiglia di consultare un tecnico per informazioni specialistiche. È utile nei processi decisionali in campo solo se si esegue un numero elevato di test.

Il test colorimetrico è preferibile a quello del pHmetro in quanto non è richiesta calibrazione ed è facilmente accessibile e rapido.

TEST CON pHMETRO PORTATILE

Materiali, strumenti e tempi

È un test semplice che richiede una formazione minima. Sono necessari un pHmetro portatile, tamponi standard per la calibrazione del pHmetro, tubi e acqua distillata.

Interpretazione e validità

L'interpretazione è limitata, si consiglia di consultare un tecnico per informazioni specialistiche. Molto utile per i processi decisionali in campo solo se vengono eseguiti molti test.

VALUTAZIONE DEL pH



Procedura

- **Miscela** accuratamente i diversi campioni di suolo;
- **setaccia** a 2 mm il suolo;
- **poni** il barattolo di plastica sulla bilancia e inserisci 30 g di suolo setacciato e poi 30 g di acqua distillata o deionizzata. La miscela di terreno / acqua risultante avrà quindi un rapporto 1:1 (g/g);
- **metti** il coperchio sul contenitore e agita vigorosamente circa 25 volte;
- **fai decantare** il suolo per 2 minuti.

Test colorimetrico

- **Stima** il pH immergendo la cartina tornasole nel surnatante;
- **esprimi** il giudizio comparando il colore ottenuto con la scala di colori presenti sulla confezione;
- **annota** il valore del pH sul foglio di lavoro.

Test con pHmetro portatile

- **Immergi** l'elettrodo del pHmetro nel surnatante;
- **attendi** che si stabilizzi il valore riportato sul led del pHmetro e annota la lettura sul foglio di lavoro.

classi di terreno	valori di riferimento pH
estremamente acida	< 4,5
fortemente acida	≥ 4,5 - < 5,0
moderatamente acida	≥ 5,0 - < 6,0
debolmente acida	≥ 6,0 - < 6,5
neutra	≥ 6,5 - < 7,3
debolmente alcalina	≥ 7,3 - < 7,8
moderatamente alcalina	≥ 7,8 - < 8,4
fortemente alcalina	≥ 8,4 - < 9,0
estremamente alcalina	≥ 9,0

CONDUCIBILITÀ ELETTRICA

M A N U A L E D I A U T O V A L U T A Z I O N E D E L S U O L O

Descrizione

Il contenuto di sali solubili (salinità) viene comunemente valutato attraverso la misura della conducibilità elettrica (CE) della soluzione in equilibrio con il suolo: ciò perchè la CE di una soluzione salina è considerata proporzionale alla sua concentrazione in sali. Il valore della conducibilità elettrica può essere espresso in varie unità di misura, il più comune è il Siemens (S) o meglio i suoi sottomultipli: il microSiemens per centimetro ($\mu\text{S}/\text{cm}$) e il milliSiemens (mS/cm) o il suo equivalente deciSiemens per metro (dS/m): **$1000 \mu\text{S}/\text{cm} = 1 \text{mS}/\text{cm} = 1 \text{dS}/\text{m}$** .

Il rapporto tra quantità di suolo e di acqua nell'estrazione determina il grado di diluizione dei sali estratti e quindi il valore di conducibilità. Il rapporto di diluizione utilizzato è 1:1 terreno-acqua.

Il campione di terreno viene raccolto, quando si vuole evidenziare un accumulo di sali in superficie, a una profondità che varia da 0 a 7 cm.

Materiali, strumenti e tempi

Il test è semplice per i coltivatori formati. Richiede un conduttimetro elettronico relativamente poco costoso, soluzioni di calibrazione e bilancia. La valutazione è rapida (5-15 minuti). Può essere necessario ricostituire a distanza di pochi mesi la soluzione di calibrazione, a seconda del numero di campioni esaminati.

Interpretazione e validità

Esistono notevoli differenze nel tollerare la salinità tra le diverse specie vegetali, ma con valori superiori ai $4000 \mu\text{S}/\text{cm}$ si hanno perdite di produzione o sintomi di sofferenza evidenti in molte colture. La valutazione fornisce indicazioni sulla risposta delle colture e sull'attività microbica a differenti livelli di conducibilità. Nel momento in cui si rileva una condizione di salinità eccessiva è di estrema importanza risalire alle cause che la determinano per cercare di rimuoverle. La salinità è dovuta alla presenza di falde o acque di irrigazione ricche di sali, ad una naturale dotazione del terreno o all'abuso di fertilizzanti soprattutto in colture protette in cui viene a mancare l'azione dilavante delle piogge. Generalmente questo fenomeno è molto comune nelle zone siccitose e costituisce, spesso, il principale fattore limitante della fertilità dei suoli.

Effetti della salinizzazione sulle colture

La salinizzazione rallenta la crescita delle piante, in quanto limita la loro capacità di rifornirsi d'acqua, provoca squilibri nutrizionali e induce fenomeni di tossicità. Tale fenomeno è dovuto all'effetto osmotico esercitato dalla fase liquida del suolo, maggiormente concentrata rispetto alla soluzione presente all'interno della pianta. La pianta spreca più energia per sopravvivere.

La crescita peggiora anche per sbilanciamento nutrizionale a causa della competizione di Na e Cl. Lo stress salino può condurre a deficienze di altri elementi per la competizione di Cl con nitrato, solfato e fosfato.

CONDUCIBILITÀ ELETTRICA



Procedura

- **Miscela** accuratamente i diversi campioni di suolo prelevati;
- **setaccia** a 2 mm il suolo;
- **poni** il barattolo di plastica sulla bilancia e inserisci 30 g di suolo setacciato e poi 30 g di acqua distillata o deionizzata. La miscela di terreno / acqua risultante avrà quindi un rapporto 1:1 (g/g);
- **metti** il coperchio sul contenitore e agita vigorosamente circa 25 volte;
- **fai decantare** il suolo per 2 minuti;
- **immergi** l'elettrodo del conduttimetro portatile nel surnatante (la fase liquida che si stratifica sopra la fase solida);
- **attendi** che si stabilizzi il valore riportato sul led del conduttimetro e annota la lettura sul foglio di lavoro.



CONTENUTO IN NITRATI DEL SUOLO

MANUALE DI AUTOVALUTAZIONE DEL SUOLO

Descrizione

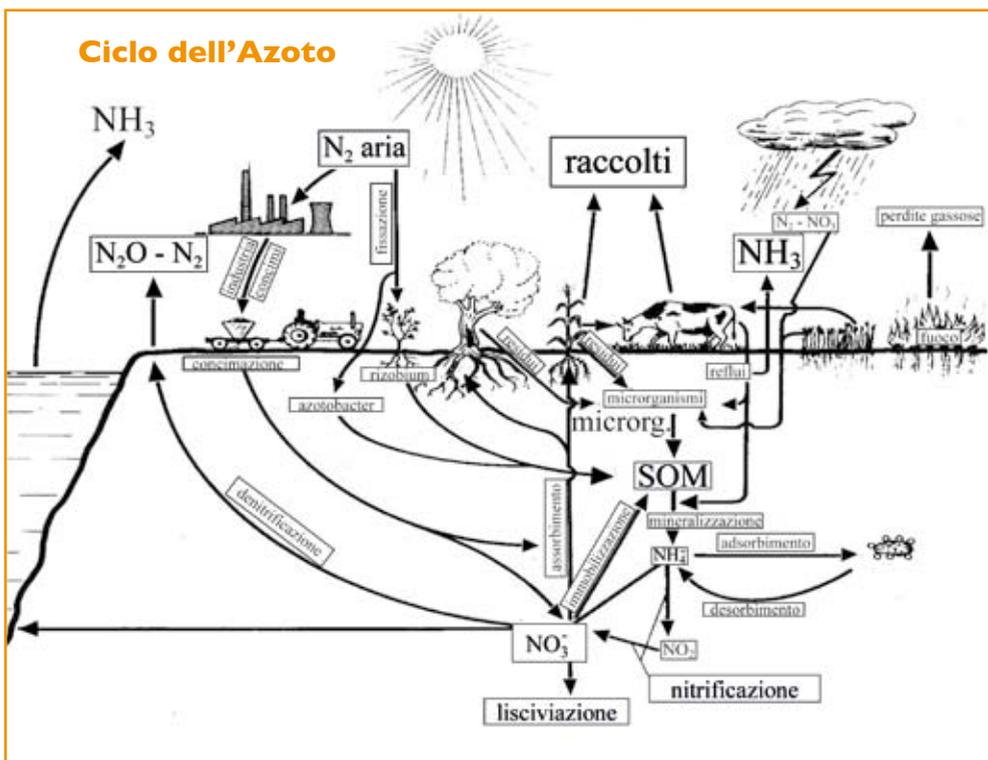
La quantità di nitrati nel terreno dipende dalla velocità di decomposizione della sostanza organica, dalle perdite per lisciviazione e gassificazione, nonché dall'assorbimento da parte delle piante. Il nitrato nel terreno è la forma di azoto prontamente disponibile per le piante e quantità elevate possono indicare una gestione non razionale delle fertilizzazioni. Una stima del contenuto di nitrati si può ottenere immergendo delle "cartine di misura" (bandelle) in un estratto acquoso del suolo. Letture più accurate si possono ottenere utilizzando colorimetri portatili.

Materiali, strumenti e tempi

Nella preparazione del campione si segue la stessa procedura seguita per la misura della Conducibilità elettrica e del pH. L'uso di strisce di prova nitrati è relativamente facile anche per agricoltori non formati. Le "bandelle" sono molto sensibili alla luce e al calore, per cui bisogna conservarle in modo adeguato. I materiali e le attrezzature sono poco costosi. Il test si realizza in 5-15 minuti.

Interpretazione e validità

L'equilibrio Nitrato-Azoto totale nel terreno è costantemente in evoluzione, quindi è difficile interpretarne il contenuto, tuttavia, l'indicazione è molto utile in relazione alla conduzione del terreno (colture in rotazione, gestione della sostanza organica, lavorazioni).



CONTENUTO IN NITRATI DEL SUOLO



Procedura

- **Miscela** accuratamente i diversi campioni di suolo prelevati;
- **setaccia** a 2 mm il suolo;
- **poni** il barattolo di plastica sulla bilancia e inserisci 30 g di suolo setacciato e poi 30 g di acqua priva di nitrati ad esempio l'acqua distillata. La miscela di terreno / acqua risultante avrà quindi un rapporto 1:1 (g/g);
- **metti** il coperchio sul contenitore e agita vigorosamente circa 25 volte;
- **fai decantare** il suolo per 2 minuti;
- **inserisci** il cono di carta da filtro nell'estratto di suolo;
- **aspetta** che parte della soluzione filtrata sia penetrata all'interno del cono di carta;
- **inserisci** per 2 secondi una "bandella" di misura nitrati;
- **agita** la striscia per eliminare eventuale acqua in eccesso;
- **attendi** 60 secondi dall'immersione nella soluzione;
- **confronta** il colore sviluppatosi con i colori di riferimento presenti sul contenitore delle strisce;
- **stima** la quantità di nitrato secondo il grado di cambiamento del colore;
- **leggi** la concentrazione stimata di NO₃ da utilizzare per il calcolo del contenuto di Azoto nel terreno.

Calcolo della concentrazione di Azoto (N-NO₃) nel suolo

$$N-NO_3 \text{ (}\mu\text{g/g o g/t o ppm)} =$$

$$\frac{\text{lettura NO}_3 \text{ (}\mu\text{g/mg)} \cdot 0,23 \cdot (\text{ml H}_2\text{O aggiunta} + \text{U\% t.q.} \cdot \text{Campione suolo t.q. (g)})}{(\text{suolo secco (g)})}$$

lettura NO ₃ (μg/mg)	lettura derivante dalla comparazione con la carta colorimetrica
ml H ₂ O aggiunta	ml di acqua distillata aggiunta per l'estrazione
U% t.q.	umidità percentuale del suolo tal quale
Campione suolo t.q. (g)	peso suolo tal quale portato alla misura espressa in grammi
suolo secco (g)	peso suolo secco portato alla misura espressa in grammi
0,23	frazione azoto in NO ₃

Calcolo disponibilità in Kg di N-NO₃ in 1 Ha di terreno:

$$\frac{(\text{profondità del suolo (m)} \cdot 10.000 \text{ (m}^2) \cdot \text{Da (t/m}^3) \cdot \text{N-NO}_3 \text{ (g/t)})}{1.000}$$

A large grid of graph paper with 15 columns and 25 rows. The grid is composed of thin, light gray lines forming a series of small squares. The grid is positioned below the 'NOTE' header and occupies most of the page.

I PARTNER



CERMANU - Centro di Ricerca Interdipartimentale sulla Risonanza Magnetica per l'Ambiente, l'Agro-Alimentare ed i Nuovi Materiali - Università di Napoli Federico II



Agenzia Lucana di Sviluppo e di Innovazione in Agricoltura
Via Annunziatella, 64 - Matera



DiCEM - Dipartimento delle Culture Europee e del Mediterraneo: Architettura, Ambiente, Patrimoni Culturali
- Università della Basilicata



DISAFA - Dipartimento di Scienze Agrarie, Forestali e Alimentari - Università di Torino



CREA-OF - Consiglio per la ricerca in agricoltura e l'analisi dell'economia agraria - Centro di ricerca Orticoltura e Florovivaismo - Pontecagnano (SA)



PRIMA LUCE Società agricola, Eboli (SA)



REGIONE CAMPANIA - Assessorato Agricoltura

Coordinamento editoriale:

Rocco Sileo, Giuseppe Ippolito, Nicola Liuzzi
Alsia - Area Servizi di Base in Agricoltura
Viale del Basento, 118 - 85100 Potenza
email: urp@alsia.it - www.alsia.it

Responsabile scientifico:

Prof. Giuseppe Celano
UNISA - Via Giovanni Paolo II, 132 - 84084 - Fisciano (SA)

Gruppo di lavoro:

Giuseppe Celano, Rocco Sileo, Giuseppe Ippolito, Nicola Liuzzi, Mario Campana, Giuseppe Mele, Michele Baldantoni, Maria Assunta Lombardi, Assunta Maria Palese.

Immagini di copertina: Paesaggio lucano, fotografia di Arcangelo Palese

Finito di stampare nel mese di giugno 2018



Linearte Sas - Potenza



MANUALE
DI AUTOVALUTAZIONE
DEL **SUOLO**

