

II. Analisi del terreno

1. Le analisi del terreno

L'analisi chimica del terreno è un supporto indispensabile alla elaborazione di un corretto piano di concimazione.

Le analisi del terreno permettono di [1]: orientare meglio le lavorazioni, l'irrigazione, la scelta delle varietà colturali e dei portainnesti; individuare gli elementi nutritivi eventualmente carenti e quindi in grado di limitare le produzioni agricole; rilevare se vi sono elementi presenti in dosi elevate, tali da permettere di contenere le concimazioni; concorrere ad una corretta diagnosi di eventuali alterazioni o affezioni delle colture, attraverso l'individuazione di carenze, squilibri od eccessi di elementi.

1.1 Le analisi di base

Viene stabilito un insieme di **analisi**, definite **di base**, necessarie e sufficienti non solo ad identificare le caratteristiche fondamentali del suolo e la sua dotazione in elementi nutritivi, ma anche a rendere possibile l'utilizzo delle procedure di calcolo (sezione "Calcolo delle unità di concime"), per la stima delle unità fertilizzanti dei macroelementi (azoto, fosforo e potassio) da distribuire al terreno. Le analisi di base sono:

Scheletro
Tessitura (Sabbia, Limo, Argilla)
Carbonio organico
Reazione del suolo
Calcare totale e calcare attivo
Conduttività elettrica
Azoto totale
Fosforo assimilabile
Capacità di Scambio Cationico (CSC)
Basi di scambio (Potassio scambiabile, Calcio scambiabile, Magnesio scambiabile, Sodio scambiabile)

Alcune caratteristiche fondamentali del terreno quali scheletro e tessitura, reazione (pH), carbonati totali, calcare attivo, capacità di scambio cationico e conduttività elettrica, non si modificano nel tempo, se non lentamente. Pertanto, esse potranno essere esaminate **una tantum** solo in funzione di specifiche esigenze [1].

Può essere quindi individuato un insieme di analisi, definito come **analisi semplificata**, le quali permettono di conoscere la dotazione in macroelementi e mesoelementi, contenendo il costo previsto per la loro effettuazione.

Le analisi semplificate comprendono:

Carbonio organico
Azoto totale
Fosforo assimilabile
Basi di scambio (Potassio scambiabile; Calcio scambiabile; Magnesio scambiabile)

1.2 Le analisi accessorie

Situazioni pedologiche anomale, correzioni del terreno, esigenze nutritive particolari della coltura, fitopatie, stima dei più corretti volumi di adacquamento in funzione della fertilizzazione, possono richiedere la valutazione analitica di alcuni parametri chimici e fisici del suolo ad essi correlati.

Ciò può essere attuato mediante le **analisi accessorie**, ovvero un insieme di determinazioni analitiche standardizzate che forniscono al tecnico utili indicazioni, o la soluzione di alcuni problemi agronomici che più frequentemente si riscontrano nella redazione del piano di concimazione aziendale.

Tali parametri possono essere così sintetizzati:

Microelementi assimilabili (ferro, manganese, zinco, rame)
Acidità
Boro solubile
Zolfo
Fabbisogno in calce
Fabbisogno in gesso
Analisi fisiche
Massa volumica apparente
Massa volumica reale
Ritenzione idrica a 33 kPa
Ritenzione idrica a 1500 kPa

In relazione alle diverse esigenze, potranno essere richieste una o più di tali determinazioni.

1.3 Le metodiche ufficiali

Le analisi chimiche [2]

Le analisi chimiche dovranno essere eseguite secondo quanto previsto dai “Metodi ufficiali di analisi chimica del suolo” (MUACS) D.M. del 13/09/99 - riportati in Gazzetta Ufficiale n. 185 del 21 ottobre 1999.

Modifiche alle metodiche analitiche pubblicate nella succitata Gazzetta sono riportate in [4].

Le analisi fisiche [3]

Le analisi fisiche dovranno essere eseguite secondo quanto previsto dai “Metodi ufficiali di analisi fisica del suolo” (MUAFS) D.M. del 01/08/97 riportati in Gazzetta Ufficiale n. 204 del 2 settembre 1997

1.4 Bibliografia

- [1] Ministero delle Risorse Agricole, Alimentari e Forestali (1995). Guida alla lettura ed interpretazione del Codice di Buona Pratica Agricola per la protezione delle acque dai nitrati. Quaderno n. 2. Edagricole
- [2] Ministero per le Politiche Agricole (1999). Metodi ufficiali di analisi chimica del suolo. D.M. del 13/09/99, Gazzetta Ufficiale n. 248 del 21.10.99
- [3] Ministero per le Politiche Agricole (1997). Metodi ufficiali di analisi fisica del suolo. D.M. del 1° agosto 1997, Gazzetta Ufficiale n. 204 del 2.09.97
- [4] AA VV (2000). Metodi di analisi chimica del suolo. FrancoAngeli Editore.

2. Scheletro

Per scheletro si intende la frazione di terreno costituita da elementi di diametro superiore a 2 mm.

Lo scheletro è un costituente inerte che non partecipa ai fenomeni di adsorbimento e desorbimento degli elementi nutritivi. Tuttavia la sua presenza riduce la capacità di ritenzione idrica del suolo, ed anche i livelli di fertilità. Infatti, a parità di volume di suolo, è presente meno terra fine. In linea generale si può affermare che all'aumentare dello scheletro, la capacità produttiva del terreno diminuisce.

2.1 Metodica ufficiale

Metodo n. II.1 “Preparazione del campione e determinazione dello scheletro” [1] [4]

Il metodo è applicabile a tutti i tipi di suolo.

Il dato deve essere espresso in g/kg, senza cifre decimali.

2.2 Valutazione agronomica

Ai fini della valutazione agronomica dello scheletro si considerano la sua percentuale sul volume di suolo e le dimensioni.

Scheletro [g/kg]	valutazione agronomica
inferiore a 10	assente
tra 10 e 50	scarso
tra 50 e 150	comune
tra 150 e 350	frequente
tra 350 e 600	abbondante
superiore a 600	molto abbondante

dimensioni [cm]	valutazione agronomica
minore di 7,5	ghiaia
tra 7,5 e 25	ciottoli
tra 25 e 60	pietre
maggiore di 60	blocchi

Scheletro di dimensioni elevate può interferire con l'uso di alcune macchine agricole, come ad esempio le seminatrici di precisione. Se nel terreno sono presenti poi pietre di grosse dimensioni, si rende necessario lo spietramento.

2.3 Informazioni generali

In un terreno ricco di scheletro sono accentuati i processi ossidativi ed il tenore di humus risulta probabilmente inferiore a quello normalmente riscontrabile in suoli aventi analoga composizione granulometrica della terra fine.

2.4 Approfondimenti

Per approfondimenti vedi i seguenti paragrafi:

- **questa sezione - par. "tessitura"**

2.5 Bibliografia

- [1] Ministero per le Politiche Agricole (1999). Metodi ufficiali di analisi chimica del suolo. D.M. del 13/09/99, Gazzetta Ufficiale n. 248 del 21.10.99
- [2] Ministero delle Risorse Agricole, Alimentari e Forestali, Osservatorio Nazionale Pedologico per la Qualità del Suolo (1994). Metodi ufficiali di analisi chimica del suolo con commenti ed interpretazioni. ISMEA, Roma.
- [3] Sbaraglia M., Lucci E. (1994). Guida all'interpretazione dell'analisi del terreno ed alla fertilizzazione. Studio Pedon, Pomezia.
- [4] AA VV (2000). Metodi di analisi chimica del suolo. FrancoAngeli Editore.

3. Tessitura

La tessitura è la distribuzione per classi dimensionali delle particelle elementari ed è uno dei caratteri edafici più importanti in quanto non varia considerevolmente con il tempo.

La tessitura è responsabile di molte proprietà fisiche (per es. struttura), idrologiche (per es. permeabilità, capacità di ritenzione idrica) e chimiche (es. capacità di scambio cationico) dei suoli.

Le particelle minerali costituenti il suolo coprono un ampio intervallo, dalle pietre alle argille. Mentre per le particelle superiori a 2 mm (lo scheletro) la suddivisione è abbastanza definita, numerosi sono i sistemi di classificazione per le particelle al di sotto dei 2 mm (la **terra fine**). Il sistema classificatorio proposto è quello **USDA** (United States Department of Agriculture) che suddivide le particelle nelle seguenti classi dimensionali [2]:

diametro delle particelle	frazione granulometrica
tra 2,0 e 1,0 mm	sabbia molto grossa
tra 1,0 e 0,5 mm	sabbia grossa
tra 0,5 e 0,25 mm	sabbia media
tra 0,25 e 0,10 mm	sabbia fine
tra 0,10 e 0,05 mm	sabbia molto fine
tra 0,05 e 0,02 mm	limo grosso
tra 0,02 e 0,002 mm	limo fine
inferiore a 0,002 mm	argilla

Le classi sopra riportate sono determinate solo per la classificazione del suolo. Per questo motivo, nella redazione di un piano di concimazione, è sufficiente determinare solo le tre principali frazioni granulometriche della terra fine:

diametro delle particelle	frazione granulometrica
tra 2 e 0,05 mm	sabbia
tra 0,05 e 0,002 mm	limo
inferiore a 0,002 mm	argilla

Una volta determinate le percentuali di sabbia, limo ed argilla, per stabilire la tessitura è necessario avvalersi del **triangolo tessiturale** (*figura 1*), che consente l'attribuzione della **classe tessiturale** al suolo. Sui lati di un triangolo equilatero sono riportati, rispettivamente, i valori di sabbia, limo ed argilla. All'interno sono definiti una serie di poligoni, ognuno dei quali individua la classe tessiturale. L'incrocio dei valori delle tre frazioni granulometriche, ricadendo in uno dei poligoni, determina la classe tessiturale.

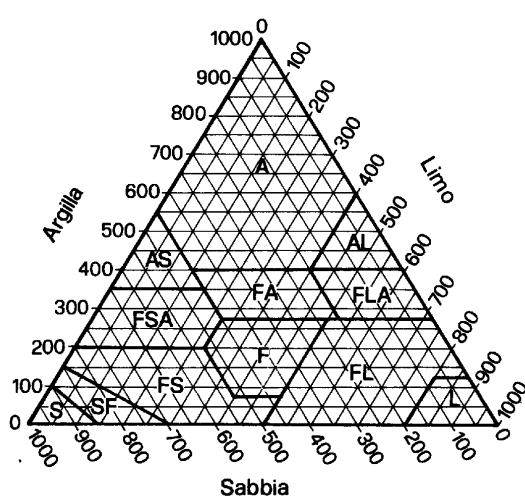


figura 1 -triangolo USDA

S	sabbiosa
SF	sabbioso-franca
FS	franco-sabbiosa
F	franca
FL	franco limosa
L	limosa
FSA	franco sabbioso-argillosa
FA	franco argillosa
FLA	franco limoso-argillosa
AS	argilloso-sabbiosa
AL	argilloso-limosa
A	argillosa

3.1 Metodica ufficiale

Metodo II.5 “Determinazione della granulometria per setacciatura ad umido e sedimentazione (metodo della pipetta)” [1] [4]

Rispetto agli altri metodi proposti nei “Metodi ufficiali”, questo metodo risulta il più preciso.

Il metodo è applicabile a tutti i terreni non organici e non torbosi, ovvero che contengono meno di 120 g/kg di carbonio organico.

Il principale problema nella determinazione riguarda la rimozione dei cementi (sostanza organica, ossidi di ferro e carbonati) che tendono a “legare” tra loro le particelle.

I dati devono essere espressi in g/kg, senza cifre decimali, della terra fine. Deve essere indicato il sistema di classificazione delle particelle (per es. USDA, ISSS).

3.2 Valutazione agronomica

L'analisi granulometrica, per poter costituire un'utile informazione, dovrebbe essere accompagnata dall'acidità e dalla dotazione di ioni floccu-

lanti (calcio e magnesio) del terreno e completata soprattutto dall'esame del profilo.

Per una valutazione più esauriente occorrerebbe tenere conto della dotazione di calcare e sostanza organica. In tal modo dalla definizione del terreno ricavata dal triangolo delle tessiture, si può aggiungere il suffisso calcareo, per contenuti variabili da 50 a 200 g/kg, ed il suffisso umifero per contenuti variabili da 40 a 100 g/kg (es. argilloso-calcareo; limoso-umifero).

3.3 Informazioni generali

In assenza di un'analisi granulometrica di laboratorio, è possibile valutare la tessitura sulla base di sensazioni tattili percepite nel manipolare il terreno. Nella sez. Allegati è riportato, come test di campagna, lo schema per la valutazione al tatto per la definizione della classe tessiturale USDA.

3.4 Approfondimenti

Per approfondimenti vedi i seguenti paragrafi:

- **questa sezione - par. "Scheletro"**

3.5 Bibliografia

- [1] Ministero per le Politiche Agricole (1999). Metodi ufficiali di analisi chimica del suolo. D.M. del 13/09/99, Gazzetta Ufficiale n. 185 del 21.10.99
- [2] Ministero delle Risorse Agricole, Alimentari e Forestali, Osservatorio Nazionale Pedologico per la Qualità del Suolo (1994). Metodi ufficiali di analisi chimica del suolo con commenti ed interpretazioni. ISMEA, Roma.
- [3] Sbaraglia M., Lucci E. (1994). Guida all'interpretazione dell'analisi del terreno ed alla fertilizzazione. Studio Pedon, Pomezia.
- [4] AA VV (2000). Metodi ufficiali di analisi chimica del suolo. FrancoAngeli Editore.

4. Reazione del suolo (pH)

La reazione del suolo, acida, neutra o alcalina, è espressa dal valore di pH che deve essere inteso in termini di attività chimica degli idrogenioni [4]. Essa è legata, fondamentalemente, alla natura della matrice litologica e all'andamento dell'evoluzione pedogenetica, quest'ultima strettamente correlata alle condizioni pedoclimatiche che l'hanno accompagnata.

Ma altri fattori, sia interni che esterni, concorrono a determinare variazioni della reazione del suolo: la presenza di particolari sostanze, l'eterogeneità e la microeterogeneità del sistema, le caratteristiche climatiche stagionali, le tecniche colturali (l'aratura profonda può determinare incrementi di pH; la fertilizzazione con concimi minerali costituiti da sali a reazione acida - ammonio solfato, ammonio fosfato, ammonio nitrato e urea - o basica - scorie di Thomas, calcio nitrato, calcio fosfato bibasico) [4].

La valutazione della reazione, che condiziona in misura determinante le proprietà fisiche, chimiche, biologiche e nutrizionali del suolo costituisce, in generale, il punto di partenza dell'iter analitico.

4.1 Metodica ufficiale

Metodo III. 1 “Determinazione del grado di reazione (pH)” (determinazione del pH in acqua) [1] [4]

Il metodo è applicabile a tutti i tipi di suolo. Tuttavia i valori ottenuti non rispecchiano fedelmente il valore del pH in campo, ma sono indicativi del grado di reazione del sistema. Usando sospensioni di sali neutri (KCl e, soprattutto, CaCl₂), i valori di pH sono maggiormente correlati al grado di saturazione e alla natura del complesso di scambio [1].

Il dato è espresso come unità di pH con una sola cifra decimale, precisando la soluzione utilizzata.

4.2 Valutazione agronomica

Normalmente il **pH dei suoli varia da 4,0 a 8,5**; in condizioni particolari si possono riscontrare suoli con pH inferiore a 3 o superiori a 10.

Sulla base dei valori di pH in H₂O i suoli vengono classificati secondo lo schema riportato in tabella (classificazione USDA)

classificazione (pH in acqua)	reazione
ultraacido	< 3,5
estremamente acido	3,5 ÷ 4,4
molto fortemente acido	4,5 ÷ 5,0
fortemente acido	5,1 ÷ 5,5
moderatamente acido	5,6 ÷ 6,0
debolmente acido	6,1 ÷ 6,5
neutro	6,6 ÷ 7,3
debolmente alcalino	7,4 ÷ 7,8
moderatamente alcalino	7,9 ÷ 8,4
fortemente alcalino	8,5 ÷ 9,0
molto fortemente alcalino	> 9,0

Nei terreni neutri ed alcalini, il valore del pH è correlato al contenuto in calcare, al tenore in basi scambiabili e, nel caso di suoli a pH superiori a 8,4÷8,5, alla percentuale di sodio e/o magnesio nel complesso di scambio. Pertanto, i terreni calcarei non manifestano mai pH superiori a 8,5.

Nei terreni acidi il valore di pH è correlato all'acidità complessiva e di scambio (alluminio + idrogeno) e quindi al grado di saturazione basica che, ovviamente, è sempre inferiore al 100%.

L'assimilabilità degli elementi nutritivi indispensabili alle piante è condizionata dalla reazione. Ferro, manganese, rame e zinco sono influenzati dal pH: un aumento induce una diminuzione di solubilità e, pertanto, una minore disponibilità per le piante le quali possono manifestare sintomi, più o meno gravi, di carenze nutrizionali - clorosi ferrica, carenza di manganese, ecc. Al contrario, una diminuzione del pH (aumento dell'acidità) favorisce la solubilità di questi elementi. Comportamento contrario manifesta il molibdeno.

Anche i composti del fosforo vengono convertiti in forme poco solubili tanto nei suoli acidi che in quelli ad alcalinità fisiologica (insolubilizzazione del fosforo) [4].

Rilevanti sono gli effetti del pH su alcune attività biologiche del suolo. La reazione acida riduce o inibisce numerose attività batteriche, per cui risultano sensibilmente ridotti i processi di azotofissazione, di nitrosazione e di nitrificazione, e favorisce lo sviluppo e le attività dei funghi.

Non meno importanti sono gli effetti del pH sulle caratteristiche chimico-fisiche del suolo: la dispersione dei costituenti la frazione argillosa, la distruzione degli aggregati del suolo, la riduzione della permeabilità all'ac-

qua, la contrazione del volume per essiccamento risultano influenzati dal grado di reazione. In tal senso le condizioni ottimali si accertano nei suoli debolmente acidi o neutri [4].

4.3 Elementi di Buona Pratica Agricola

Come è noto, le colture necessitano, per uno sviluppo ottimale, di un ambiente chimicamente compatibile con i meccanismi biochimici di assorbimento e difesa. Tale compatibilità sembra essere importante soprattutto per le specie da fiore, mentre le più comuni specie da pieno campo sembrano adattarsi bene nell'intervallo di pH compreso tra 5,5 e 8,0.

La bassa produttività dei terreni molto acidi è spesso collegata ad azioni tossiche per la messa in libertà di cationi metallici (in particolare per l'alluminio) che le piante assorbono in quantità tale da superare la soglia di tossicità. La neutralizzazione dell'alluminio e degli altri elementi metallici, presuppone l'utilizzo di ammendanti calcarei (calcare, dolomia, marna calcarea) che, innalzando la reazione del terreno, provocano la loro immobilizzazione. Inoltre la correzione dei suoli acidi agendo su molte proprietà fisiche, chimiche e biologiche del suolo, rende l'habitat più favorevole alla crescita vegetale.

Nei suoli a reazione fortemente alcalina dovuta ad accumuli di sodio sul complesso di scambio, è possibile la correzione del pH mediante la somministrazione di gesso il quale permette di ripristinare i giusti rapporti tra calcio, magnesio, potassio e sodio scambiabili, di migliorare le proprietà fisiche, di rendere i metalli maggiormente disponibili all'assorbimento radicale.

4.4 Approfondimenti

Per approfondimenti vedi i seguenti paragrafi:

- questa sezione - par. "Calcare totale ed attivo"
- questa sezione - par. "Basi di scambio"
- questa sezione - par. "Grado di saturazione basica"
- sezione 5 - "Schede colturali"

4.5 Bibliografia

- [1] Ministero per le Politiche Agricole (1999). Metodi ufficiali di analisi chimica del suolo. D.M. del 13/09/99, Gazzetta Ufficiale n. 248 del 21.10.99

- [2] Ministero delle Risorse Agricole, Alimentari e Forestali, Osservatorio Nazionale Pedologico per la Qualità del Suolo (1994). Metodi ufficiali di analisi chimica del suolo con commenti ed interpretazioni. ISMEA, Roma.
- [3] Sbaraglia M., Lucci E. (1994). Guida all'interpretazione dell'analisi del terreno ed alla fertilizzazione. Studio Pedon, Pomezia.
- [4] AA VV (2000). Metodi di analisi chimica del suolo. FrancoAngeli Editore.

5. Conduttività elettrica

La conduttività rappresenta la misura indiretta della **concentrazione totale dei sali disciolti nella “soluzione del suolo”**. Tale concentrazione e quindi la conduttività, entrambe dipendenti dal chimismo del terreno, sono fortemente influenzate dal contenuto d’acqua, dal pH, dalla capacità di scambio cationico, dal potenziale redox, dalla quantità di sostanze umiche, dall’attività microbica [4], nonché da fattori esterni quali il clima e fattori antropici come le acque di irrigazione e le concimazioni più o meno recenti.

Tutti i suoli coltivati sono caratterizzati dalla presenza di sali solubili (costituiti prevalentemente dai cationi sodio, calcio e magnesio e dagli anioni cloruro, solfato e bicarbonato).

La misura della conduttività permette di valutare la **salinità** del terreno che, in alcuni casi può provocare effetti negativi sulle colture sia per la presenza di alcuni elementi tossici (effetto specifico), sia per l’effetto dovuto all’inibizione dell’assorbimento di acqua per aumento della pressione osmotica della soluzione del terreno (effetto aspecifico).

5.1 Metodica ufficiale

Metodo IV.1 “Determinazione della conduttività elettrica” [1] [4]

Il metodo è applicabile a tutti i tipi di suolo.

Il dato si esprime in dS/m a 25°C, con due cifre decimali, specificando con quale rapporto acqua/soilo si è operato.

Sono possibili nel metodo estratti ottenuti con differenti rapporti acqua/soilo:

- a saturazione (*pasta satura*);
- a rapporto acqua/soilo 5:1 (*estratto acquoso 5:1*);
- a rapporto acqua/soilo 2:1 (*estratto acquoso 2:1*).

I valori analitici ottenuti sull’estratto a pasta satura danno indicazioni più valide sullo stato di salinità del suolo perché risultano collegabili, con formule empiriche, alla pressione osmotica della fase liquida e alla risposta delle piante coltivate [1]:

Sali solubili (mg/L) nell’estratto a pasta satura = 640 * conduttività elettrica.

La preparazione dell’*estratto 5:1* è di facile esecuzione, richiede una quantità di campione poco elevata, risulta conveniente quando si devono studiare variazioni di salinità nello stesso suolo.

5.2 Valutazione agronomica

La determinazione della conduttività sugli estratti acquosi del terreno consente di avere una pronta indicazione sui potenziali danni e riduzioni di resa delle colture, tenendo conto della loro più o meno elevata sensibilità alla salinità.

La variabilità dei valori di conduttività per i diversi tipi di suolo è notevole e non sono disponibili, al momento, indicazioni sufficienti a stabilire per i terreni italiani una taratura agronomica.

La salinità si manifesta in campo con una diminuzione dei raccolti (si può arrivare ad una riduzione anche del 20% delle rese senza che appaiano evidenti i danni provocati dall'eccesso di sali) e con la presenza di aree dove la germinazione risulta essere molto ridotta; le piante presentano uno sviluppo stentato e manifestano diverse alterazioni, come accartocciamenti delle foglie, necrosi dei margini e degli apici fogliari, colorazioni atipiche (spesso verde-bluastro), e si coprono di un deposito ceroso.

La tolleranza alla salinità varia notevolmente a seconda della coltura e della varietà e, per una stessa coltura, dallo stadio vegetativo.

5.3 Elementi di Buona Pratica Agricola

Un campo di valori di 0,2÷2,0 dS/m risulta quello più facilmente riscontrabile in terreni non salini, indicando buone potenzialità di produzione e rischi di perdite di produzione praticamente assenti.

Valori più alti fino a 4,0 dS/m obbligano alla scelta di varietà colturali resistenti ed inducono ad indagini più approfondite al fine di classificare il terreno per l'esecuzione delle necessarie bonifiche.

5.4 Informazioni generali

La determinazione della conduttività è indispensabile per la classificazione dei terreni salini ed alcalini che si basa anche sulla misura del pH e della percentuale di sodio scambiabile (ESP):

tipo di suolo	conduttività [dS/m]	ESP	pH
salino	superiore a 4	inferiore a 15	inferiore a 8,5
sodico	inferiore a 4	superiore a 15	superiore a 8,5
salino-sodico	superiore a 4	superiore a 15	inferiore a 8,5

5.5 Approfondimenti

Per approfondimenti vedi i seguenti paragrafi:

- **questa sezione - par. “reazione del suolo (pH)”**
- **questa sezione - par. “basi di scambio”**
- **questa sezione - par. “Percentuale di sodio scambiabile (ESP)”**
- **questa sezione - par. “Schede colturali”**

5.6 Bibliografia

- [1] Ministero per le Politiche Agricole (1999). Metodi ufficiali di analisi chimica del suolo. D.M. del 13/09/99, Gazzetta Ufficiale n. 248 del 21.10.99
- [2] Ministero delle Risorse Agricole, Alimentari e Forestali, Osservatorio Nazionale Pedologico per la Qualità del Suolo (1994). Metodi ufficiali di analisi chimica del suolo con commenti ed interpretazioni. ISMEA, Roma.
- [3] Sbaraglia M., Lucci E. (1994). Guida all'interpretazione dell'analisi del terreno ed alla fertilizzazione. Studio Pedon, Pomezia.
- [4] AA VV (2000). Metodi di analisi chimica del suolo. Franco Angeli Editore.

6. Calcare totale ed attivo

La conoscenza del contenuto di carbonati totali del suolo, impropriamente definito per convenzione “**calcare totale**”, è utile per la corretta interpretazione del pH, per valutare l’incidenza del calcare nel volume del suolo, e quindi la proporzione della frazione più direttamente interessata alla nutrizione vegetale, e per il calcolo dei fabbisogni idrici.

Il “**calcare attivo**” definisce la quantità di calcare che reagisce, in condizioni standardizzate, con una soluzione di ossalato ammonico. Rappresenta l’aliquota del calcare dotata di maggiore reattività, in relazione alla dimensione dei cristalli ed alla loro struttura.

6.1 Metodica ufficiale

Metodo V.1 “Determinazione del calcare totale” [1] [4]

Il metodo è applicabile a tutti i tipi di suolo e permette di determinare la totalità dei carbonati (CaCO_3 , MgCO_3 , Na_2CO_3 , ecc.) presenti in un suolo.

Il dato si esprime in g/kg di CaCO_3 , senza cifre decimali.

Metodo V.2 “Determinazione del calcio carbonato attivo” [1] [4]

Il dato si esprime in g/kg di CaCO_3 , senza cifre decimali.

Il metodo ufficiale V.1 è semplice e fornisce risultati probanti a meno che il calcare sia presente in quantità troppo basse.

6.2 Valutazione agronomica

Il calcare interferisce sulla solubilità dei fosfati, favorendo la formazione di fosfati di calcio più basici e quindi meno solubili ed assimilabili. La sua presenza inoltre riduce l’assimilabilità dei microelementi fino a portare, in alcuni casi a carenze nutrizionali. Non trascurabile è l’azione che il calcare esplica nei confronti della struttura in quanto costituisce una riserva di calcio, che saturando i colloidi argillosi ed umici, condiziona lo stato di aggregazione del terreno.

La valutazione agronomica può essere fatta in base alla seguente tabella:

calcare totale [g/kg]	valutazione
inferiore a 25	poveri
tra 25 e 100	mediamente dotati
tra 100 e 150	ben dotati
tra 150 e 250	ricchi
superiore a 250	eccessivamente dotati

Per quanto riguarda il "calcare attivo", la valutazione agronomica può essere fatta in base alla seguente tabella:

calcare attivo [g/kg]	valutazione
inferiore a 50	basso
tra 50 e 150	medio
superiore a 150	elevato

I suoli calcarei vengono definiti suoli alcalini costituzionali e sono caratterizzati da un pH massimo di 8,2÷8,3. Questi valori non vengono superati nemmeno quando il contenuto in calcare è molto elevato; essi corrispondono infatti al pH del sistema tampone $[\text{CaCO}_3 + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{Ca}(\text{HCO}_3)_2]$.

Al contrario pH più elevati stanno ad indicare la presenza di ioni di sodio in eccesso.

6.3 Elementi di Buona Pratica Agricola

Ampiamente riportata in letteratura è la sensibilità nei confronti del calcare attivo dei portainnesti usati in viticoltura e frutticoltura, in quanto in grado di determinare clorosi ferrica. L'adattabilità di una coltura arborea ad un particolare terreno dipende molto dal tipo di portainnesto usato che va scelto sulla base di precise motivazioni sia agronomiche che pedologiche: tra queste ultime, la percentuale di calcare attivo assume un ruolo rilevante.

6.4 Informazioni generali

L'intensità della clorosi ferrica, scarsa assimilazione del ferro che si manifesta con tipiche clorosi internervali nelle foglie apicali dei germogli, appare correlata alla concentrazione di ioni bicarbonato e quindi alla reattività del calcare. Su questi assunti si basa la determinazione del "calcare attivo".

6.5 Approfondimenti

Per approfondimenti vedi i seguenti paragrafi:

- questa sezione - par. "reazione del suolo (pH)"

6.6 Bibliografia

- [1] Ministero per le Politiche Agricole (1999). Metodi ufficiali di analisi chimica del suolo. D.M. del 13/09/99, Gazzetta Ufficiale n. 248 del 21.10.99
- [2] Ministero delle Risorse Agricole, Alimentari e Forestali, Osservatorio Nazionale Pedologico per la Qualità del Suolo (1994). Metodi ufficiali di analisi chimica del suolo con commenti ed interpretazioni. ISMEA, Roma.
- [3] Sbaraglia M., Lucci E. (1994). Guida all'interpretazione dell'analisi del terreno ed alla fertilizzazione. Studio Pedon, Pomezia.
- [4] AA VV (2000). Metodi di analisi chimica del suolo. FrancoAngeli Editore.

7. Carbonio organico

Il contenuto di carbonio organico nel suolo è in stretta relazione con quello della sostanza organica, anche se la composizione di quest'ultima presenta un elevato grado di variabilità [4].

La sostanza organica nel suolo è costituita principalmente da cellule di microrganismi, residui animali e vegetali a diverso stadio di trasformazione e sostanze umiche di diversa età e composizione.

La sostanza organica esplica una serie di azioni chimico-fisiche positive che influenzano numerose proprietà nel suolo. Non esiste alcun dubbio sul ruolo che essa svolge nella formazione e conservazione della struttura del suolo rendendo ottimali i rapporti tra fasi solida, liquida e gassosa.

Altrettanto largamente provato è il contributo positivo:

- alla capacità di scambio cationico del suolo;
- nei confronti degli elementi minerali nutritivi per le piante (azoto, fosforo, potassio, zolfo e tracce di metalli);
- sulla capacità di ritenzione dell'acqua.

La determinazione del carbonio organico totale nel terreno è tra le analisi di routine più importanti.

7.1 Metodica ufficiale

Metodo VII.3 “Determinazione del carbonio organico (metodo Walkley-Black)” [1] [4]

Il metodo è applicabile a tutti i tipi di suolo.

I dati devono essere espressi in g/kg, senza cifre decimali.

Comunemente il contenuto di **sostanza organica** viene stimato indirettamente moltiplicando la concentrazione di carbonio organico per un coefficiente di conversione (**1,724**, fattore di Van Bemmelen): tuttavia ciò rappresenta solo un'approssimazione in quanto il fattore può variare non solo da suolo a suolo, ma anche tra orizzonti dello stesso suolo. Ecco perché è più appropriato esprimere il dato in carbonio organico piuttosto che come sostanza organica [2]. In ogni caso, nel caso quest'ultimo fosse richiesto, è opportuno riportare anche il valore del fattore di conversione impiegato per calcolarlo [4].

7.2 Valutazione agronomica

La dotazione in sostanza organica di un suolo può essere valutata sia in funzione del contenuto di argilla (per suoli privi di calcare), sia in funzione del con-

tenuto di argilla e calcare. In tabella si forniscono alcune soglie orientative di correlazione fra tessitura del suolo e contenuto di carbonio organico totale [4].

Dotazione	Classi tessiturali USDA		
	sabbiosa sabbiosa-franca franco-sabbiosa	franco franco-sabb.-argillosa franco-limosa argilloso-sabbiosa limosa	argillosa franco-argillosa argilloso-limosa franco-arg.-limosa
	<i>carbonio organico (g/kg)</i>		
scarsa	inferiore a 7	inferiore a 8	inferiore a 10
normale	tra 7 e 9	tra 8 e 12	tra 10 e 15
buona	tra 9 e 12	tra 12 e 17	tra 15 e 22
molto buona	superiore a 12	superiore a 17	superiore a 22

In ogni caso, non bisogna dimenticare che il contenuto in carbonio organico dipende largamente dal clima (il contenuto di sostanza organica aumenta al diminuire della temperatura media annua e all'aumentare delle precipitazioni [4]), fattore che deve essere tenuto in particolare considerazione per una corretta interpretazione dei risultati analitici.

7.3 Elementi di Buona Pratica Agricola

Con i fertilizzanti chimici i problemi inerenti la fertilità chimica del suolo, in funzione degli obiettivi produttivi perseguiti, possono essere risolti. Tuttavia, la scarsa importanza (e applicazione al terreno) che per molti anni è stata dedicata alla sostanza organica ha portato a conseguenze negative sulle caratteristiche fisiche e biologiche dei suoli.

Secondo alcuni autori l'effetto primario della sostanza organica si esplica soprattutto sulle caratteristiche fisiche che non su quelle chimiche dei suoli. Nei terreni sottoposti ad agricoltura continua, l'effetto sulle proprietà fisiche assume un ruolo importante: carenze nutrizionali, tossicità ed altro possono essere facilmente risolte se le proprietà fisiche del terreno sono favorevoli. In altre parole gli apporti di fertilizzanti o ammendanti risultano più efficaci in presenza di condizioni fisico strutturali favorevoli.

Pertanto gli apporti di sostanza organica con letamazioni, residui vegetali, sovesci, compost, ecc., rappresentano la pratica colturale più efficace per mantenere elevati i livelli di fertilità nel terreno.

I **sovesci verdi** sono tra le pratiche in uso per incrementare la sostanza organica nel terreno, la cui efficacia però è limitata alla sola coltura che segue: infatti essi vanno incontro ad una rapida demolizione e gli apporti di sostanza organica umificata sono in genere bassi.

Le sostanze che contengono prodotti facilmente decomponibili e a basso rapporto C/N forniscono poca sostanza organica stabilizzata (humus); le sostanze che contengono lignina hanno tendenza a formare humus. È tuttavia necessario che esse contengano una certa quantità di azoto o che ne trovino nel terreno durante la fase di umificazione.

In tabella sono riportate le quantità di sostanza organica secca apportata da differenti residui vegetali.

Coltura	residui in sostanza organica secca [kg/ha]
mais (senza letame, con interrimento degli stocchi)	400 ÷ 650
frumento o orzo (cespi)	150 ÷ 200
paglie di cereali	300 ÷ 500
colza (sovescio durante la maturazione del seme)	500 ÷ 800
colza (sovescio verde)	400
favetta (sovescio verde)	500
trifoglio violetto	500
trifoglio bianco	350 ÷ 400
trifoglio incarnato	400
lolium perenne	400
erba medica di 2 anni (cespi)	400 ÷ 600
erba medica di 2 anni (interramento ultimo sfalcio)	400 ÷ 650
prato naturale (2 anni)	300 ÷ 500
prato naturale (4 anni)	1000 ÷ 1200
barbabietola (colletti e foglie)	500 ÷ 600
patate	50
lino	20 ÷ 50

7.4 Informazioni generali

Tra le azioni positive di cui è responsabile la sostanza organica si ricordano i processi di assorbimento e/o inattivazione di sostanze di origine antropica (metalli pesanti, erbicidi, ecc.); ciò contribuisce non solo ad annullare o ad ammortizzare gli effetti acuti della contaminazione, ma anche ad annullare o a ridurre le possibilità di migrazione dell'inquinante negli acquiferi sottostanti [4].

7.5 Approfondimenti

Per approfondimenti vedi i seguenti paragrafi:

- questa sezione - par. “azoto”
- questa sezione - par. “fosforo”
- questa sezione - par. “capacità di scambio cationico”
- questa sezione - par. “rapporto C/N”

7.6 Bibliografia

- [1] Ministero per le Politiche Agricole (1999). Metodi ufficiali di analisi chimica del suolo. D.M. del 13/09/99, Gazzetta Ufficiale n. 248 del 21.10.99
- [2] Ministero delle Risorse Agricole, Alimentari e Forestali, Osservatorio Nazionale Pedologico per la Qualità del Suolo (1994). Metodi ufficiali di analisi chimica del suolo con commenti ed interpretazioni. ISMEA, Roma.
- [3] Sbaraglia M., Lucci E. (1994). Guida all'interpretazione dell'analisi del terreno ed alla fertilizzazione. Studio Pedon, Pomezia.
- [4] AA VV (2000). Metodi di analisi chimica del suolo. FrancoAngeli Editore.

8. Azoto totale

L'azoto nel suolo è presente in varie forme, due sole delle quali assimilabili dalle piante: quella **nitrica**, libera nella fase liquida e prontamente disponibile, e quella **ammoniacale**, più lentamente disponibile ed adsorbita sul complesso di scambio ed in equilibrio con una piccola parte presente in soluzione. Le riserve sono costituite dall'**azoto organico** e dall'**azoto ammoniacale fissato**.

L'azoto organico, che rappresenta la quasi totalità dell'azoto nel terreno (dal 95 al 99%), è potenzialmente mineralizzabile (essenzialmente per attività biochimiche) e quindi in grado di cedere naturalmente azoto alla vegetazione: di solito però la messa a disposizione per le colture è assai limitata.

8.1 Metodica ufficiale

Metodo XIV.3 "Determinazione dell'azoto totale per distillazione secondo Kjeldahl" [1] [4]

Il metodo è applicabile a tutti i tipi di suolo. Non sempre permette la determinazione dell'azoto ammoniacale fissato nei reticoli argillosi. Le forme ossidate dell'elemento (N-NO₃, N-NO₂, ecc.) non vengono determinate.

Il metodo dovrebbe determinare tutte le forme azotate del suolo, sia organiche che inorganiche, e questo rende l'analisi, di per sé semplice dal punto di vista tecnico, poco attendibile se non si segue strettamente la metodologia indicata.

Il dato deve essere espresso in g/kg, con una sola cifra decimale.

8.2 Valutazione agronomica

Poiché il contenuto di azoto è, almeno in linea generale, in relazione con il contenuto di sostanza organica, la valutazione agronomica prende in considerazione i livelli di azoto e sostanza organica [3].

Sostanza organica [g/kg]	azoto totale [g/kg]	valutazione agronomica
inferiore a 10	inferiore a 0,5	molto basso
tra 10 e 20	tra 0,5 e 1	basso
tra 20 e 30	tra 1 e 1,5	mediamente fornito
superiore a 30	superiore a 1,5	ben fornito

8.3 Elementi di Buona Pratica Agricola

Apporti di azoto al terreno possono essere assicurati anche attraverso l'azoto-fissazione operata dalle leguminose mediante la pratica del **sovescio**. In tabella sono riportate le quantità di azoto fissate da alcune leguminose [3].

Coltura	azoto [kg/ha anno]
erba medica	200 - 250
meliloto	120 - 160
trifoglio rosso	120 - 160
trifoglio incarnato	100 - 150
soia	70 - 100
veccia	30 - 70
pisello	40 - 60

I **terreni a riposo** da molto tempo, nel primo anno di coltura generalmente non necessitano di applicazioni di fertilizzante in quanto la presenza di sostanza organica e la decomposizione dei residui vegetali assicura un'adeguata quantità di azoto. Con la messa a coltura il terreno perde progressivamente la sua fertilità naturale e le carenze nutrizionali, in special modo quelle azotate, possono divenire più evidenti.

8.4 Informazioni generali

Ogni suolo possiede una sua capacità di fissazione dell'ammonio, che può variare da alcuni chilogrammi ad alcune migliaia di chilogrammi per ettaro, in funzione di diversi fattori tra cui il più importante è il tipo di argille fillosilicate. Come detto precedentemente, una parte dell'azoto fissato è in equilibrio con quello scambiabile ed è quindi disponibile per la vegetazione [2].

8.5 Approfondimenti

Per approfondimenti vedi i seguenti paragrafi:

- questa sezione - par. "carbonio organico"
- questa sezione - par. "Il rapporto C/N"
- sezione 3 - il calcolo delle unità di concime

8.6 Bibliografia

- [1] Ministero per le Politiche Agricole (1999). Metodi ufficiali di analisi chimica del suolo. D.M. del 13/09/99, Gazzetta Ufficiale n. 248 del 21.10.99
- [2] Ministero delle Risorse Agricole, Alimentari e Forestali, Osservatorio Nazionale Pedologico per la Qualità del Suolo (1994). Metodi ufficiali di analisi chimica del suolo con commenti ed interpretazioni. ISMEA, Roma.
- [3] Sbaraglia M., Lucci E. (1994). Guida all'interpretazione dell'analisi del terreno ed alla fertilizzazione. Studio Pedon, Pomezia.
- [4] AA VV (2000). Metodi di analisi chimica del suolo. FrancoAngeli Editore.

9. Fosforo assimilabile

Il fosforo si trova nel suolo in diverse forme:

- ione nella soluzione;
- adsorbito sulle superfici degli ossidi e ossidi idrati di ferro e alluminio e sui minerali argillosi;
- nei minerali cristallini ed amorfi;
- legato alla sostanza organica.

Il passaggio del fosforo dalle frazioni minerali alla soluzione del suolo è lento e quindi la concentrazione dello ione fosforico non sempre è a livelli sufficienti per la crescita delle piante. Al contrario il fosforo organico, che mediamente rappresenta dal 30 al 50% del fosforo totale, è reso disponibile in tempi più brevi.

Il fosforo in forma disponibile o aggiunto al suolo può essere velocemente retrogradato alle forme minerali insolubili.

Per fosforo assimilabile si intende la quota dell'elemento presente in soluzione e quella più facilmente disponibile.

9.1 Metodica ufficiale

Metodo XV.3 “Determinazione del fosforo assimilabile (metodo Olsen)” [1] [4]

Il metodo è applicabile sia ai suoli acidi che a quelli caratterizzati dalla presenza di carbonato di calcio [1].

Il contenuto in fosforo assimilabile si esprime in mg/kg, senza cifre decimali

Nei suoli con $\text{pH} < 6,5$ privi di calcare è possibile usare il **metodo ufficiale XV.4 (metodo Bray-Kurtz)** che si è dimostrato valido per la stima della disponibilità fosfatica nei suoli acidi e subacidi in cui le forme di fosforo sono largamente rappresentate da Al-P, Fe-P e, in misura inferiore, Ca-P.

9.2 Valutazione agronomica

La valutazione della frazione del fosforo assimilabile risulta essere molto delicata e pertanto l'analisi ha lo scopo di valutare il comportamento del suolo nei confronti dell'asporto o dell'aggiunta di fosforo, piuttosto che fornire indicazioni dirette sullo stato di fertilità fosfatica.

In ogni caso è stato recentemente dimostrato che i valori analitici ottenuti applicando il metodo Olsen ai suoli delle regioni mediterranee sono correlati ai relativi asporti culturali.

Inoltre risulta che per valori inferiori a 34 mg/kg di fosforo estratto con il metodo Olsen (espresso come P_2O_5), la maggior parte delle colture rispondono alla fertilizzazione fosfatica, mentre una dotazione superiore è da considerarsi normale ed in grado di assicurare il pieno sviluppo di gran parte delle colture.

P_2O_5 [mg/kg]	valutazione
inferiore a 34	molto basso
tra 34 e 69	basso
tra 69 e 103	medio
tra 103 e 160	alto
superiore a 160	molto alto

Anche il metodo Brazy-Kurtz risulta ben correlato con l'asporto vegetale in questi terreni. Tuttavia i dati di asportazione riportati in letteratura fanno tutti riferimento al metodo Olsen.

9.3 Approfondimenti

Per approfondimenti vedi i seguenti paragrafi:

- **sezione 3 - il calcolo delle unità di concime**

9.4 Bibliografia

- [1] Ministero per le Politiche Agricole (1999). Metodi ufficiale di analisi chimica del suolo. D.M. del 13/09/99, Gazzetta Ufficiale n. 248 del 21.10.99
- [2] Ministero delle Risorse Agricole, Alimentari e Forestali, Osservatorio Nazionale Pedologico per la Qualità del Suolo (1994). Metodi ufficiali di analisi chimica del suolo con commenti ed interpretazioni. ISMEA, Roma.
- [3] Sbaraglia M., Lucci E. (1994). Guida all'interpretazione dell'analisi del terreno ed alla fertilizzazione. Studio Pedon, Pomezia.
- [4] AA VV (2000). Metodi di analisi chimica del suolo. FrancoAngeli Editore.

10. Capacità di scambio cationico (C.S.C.)

La conoscenza della capacità di scambio cationico è di notevole importanza per tutti i suoli: fornisce un'indicazione sulla fertilità potenziale e sulla natura dei minerali argillosi. L'assorbimento per scambio ionico rappresenta infatti il meccanismo più importante di trattenimento degli ioni e coinvolge quasi esclusivamente i cationi - tra cui quelli utili alla nutrizione vegetale ovvero calcio (Ca^{2+}), magnesio (Mg^{2+}), potassio (K^+) e sodio (Na^+) - che, fissati solo temporaneamente sui minerali argillosi e le sostanze umiche, sono facilmente sostituiti da altri cationi al mutare della composizione ionica della soluzione del suolo.

10.1 Metodica ufficiale

Metodo XIII.1 “Determinazione della capacità di scambio cationico con ammonio acetato” [1] [4]

Si applica ai suoli contenenti meno di 50 g/kg di calcare totale [2].

Il dato si esprime in millequivalenti per 100 grammi di suolo (meq/100 g equivalenti a centimoli di carica per chilogrammo di suolo cmol(+)/kg), con una cifra decimale.

Nel certificato di analisi andrà specificato il metodo utilizzato.

Metodo XIII.2 “Determinazione della capacità di scambio cationico con bario cloruro e trietanolammina” [1] [4]

Il metodo è applicabile a tutti i tipi di suolo, fatta eccezione per i suoli caratterizzati da elevato contenuto di allofane nei quali produce risultati molto inferiori a quelli accertati con l'impiego di soluzione di ammonio acetato [1].

Il dato si esprime in millequivalenti per 100 grammi di suolo (meq/100 g equivalenti a centimoli di carica per chilogrammo di suolo cmol(+)/kg), con una cifra decimale.

Nel certificato di analisi andrà specificato il metodo utilizzato.

10.2 Valutazione agronomica

La C.S.C., da un punto di vista agronomico, può essere considerata come un magazzino in cui sono “riposti” i cationi di scambio (calcio, magnesio, sodio, potassio) in una forma prontamente utilizzabile dalle colture.

Essa è correlata al contenuto di argilla e di sostanza organica. Nei suoli coltivati oscilla da un minimo di 5 ad un massimo di 50 meq/100 g di suolo. Nei suoli torbosi può raggiungere valori intorno a 200.

Può essere valutata secondo il seguente schema:

C.S.C. [meq/100 g di suolo]	valutazione
inferiore a 5	molto bassa
tra 5 e 10	bassa
tra 10 e 20	media
superiore a 20	alta

10.3 Elementi di Buona Pratica Agricola

Nei **terreni sabbiosi** il contributo della sostanza organica alla capacità di scambio cationico è fondamentale. Pertanto, devono essere perseguite tutte le pratiche agronomiche atte alla conservazione ed al miglioramento dei livelli di sostanza organica del terreno determinanti per un buon livello di nutrizione vegetale.

10.4 Informazioni generali

I suoli dell'area mediterranea presentano un sistema di scambio costituito, prevalentemente, da argille fillosilicate e dalla sostanza organica. La capacità di scambio è funzione anche del tipo di fillosilicato (maggiore nel gruppo delle vermiculiti, minore nel gruppo delle caoliniti) ed è elevata nella sostanza organica (spesso superiore a 300 meq/100 g di suolo).

10.5 Approfondimenti

Per approfondimenti vedi i seguenti paragrafi:

- questa sezione - par. "Basi di scambio"
- questa sezione - par. "Carbonio organico"

10.5 Bibliografia

- [1] Ministero per le Politiche Agricole (1999). Metodi ufficiali di analisi chimica del suolo. D.M. del 13/09/99, Gazzetta Ufficiale n. 248 del 21.10.99
- [2] Ministero delle Risorse Agricole, Alimentari e Forestali, Osservatorio Nazionale

- Pedologico per la Qualità del Suolo (1994). Metodi ufficiali di analisi chimica del suolo con commenti ed interpretazioni. ISMEA, Roma.
- [3] Sbaraglia M., Lucci E. (1994). Guida all'interpretazione dell'analisi del terreno ed alla fertilizzazione. Studio Pedon, Pomezia.
- [4] AA VV (2000). Metodi di analisi chimica del suolo. FrancoAngeli Editore.

11. Basi di scambio (Ca, Mg, K, Na)

Strettamente legati alla Capacità di Scambio Cationico (C.S.C.) sono le basi scambiabili e l'acidità potenziale, che insieme costituiscono il complesso di scambio [2].

La proporzione in cui si trovano i singoli cationi sul complesso di scambio è praticamente la stessa nei terreni neutri e acidi; nei primi essi occupano l'intera C.S.C., mentre nei secondi soltanto una parte è occupata dagli ioni idrogeno e alluminio. Si ha una larga preponderanza del calcio (55÷70%); seguono il **magnesio** (5÷10%), il **potassio** (2÷5%), il **sodio** (meno del 5%) [4].

I cationi scambiabili (Ca, Mg, K, Na) sono in equilibrio dinamico con le rispettive frazioni solubili e rappresentano le forme prontamente disponibili per la pianta: via via che l'elemento presente nella soluzione viene assorbito il livello viene ripristinato a spese delle forme scambiabili. Viceversa, quando nella soluzione si aggiunge un fertilizzante, parte di esso viene assorbito dal complesso e preservato da fenomeni di lisciviazione.

A loro volta le forme scambiabili sono in equilibrio con le forme di riserva, ma la velocità di rilascio di queste forme è troppo bassa rispetto ai fabbisogni di una coltura in pieno sviluppo.

11.1 Metodica ufficiale

Metodo XIII.4 “Determinazione delle basi di scambio (calcio, magnesio, potassio e sodio) con ammonio acetato” [1] [5]

Il contenuto di ciascun catione di scambio viene espresso in millequivalenti per 100 g di suolo (meq/100 g), equivalenti a cmol(+)/kg, con una cifra decimale (per la conversione in mg/kg si veda nell'allegato “Formule di conversione”).

Metodo XIII.5 “Determinazione delle basi di scambio (calcio, magnesio, potassio e sodio) con bario cloruro e trietanolammina” [1] [5]

Il contenuto di ciascun catione di scambio viene espresso in millequivalenti per 100 g di suolo (meq/100 g), equivalenti a cmol(+)/kg, con una cifra decimale (per la conversione in mg/kg si veda nell'allegato “Formule di conversione”).

Per i suoli ricchi di sali (>2 cmol(+)/kg di sali solubili) bisogna sottrarre dai cationi scambiabili quelli solubili, determinati a parte.

Per i suoli calcarei il calcio può essere dosato per differenza tra la C.S.C. e la somma di magnesio, potassio e sodio scambiabile.

11.2 Valutazione agronomica

La valutazione agronomica del **potassio**, il più importante tra i cationi scambiabili per la nutrizione delle piante, è riferita alla **tessitura** del terreno [2]:

valutazione	Potassio scambiabile (mg/kg di K ₂ O)		
	sabbia > 60%	franco	argilla > 35%
basso	inferiore a 102	inferiore a 120	inferiore a 144
normale	tra 102 e 144	tra 120 e 180	tra 144 e 216
elevato	tra 145 e 180	tra 181 e 217	tra 217 e 265
molto elevato	superiore a 180	superiore a 217	superiore a 265

Qualora la valutazione abbia stabilito un livello basso di potassio la risposta a concimazione potassiche è certa o molto probabile per molte colture. Con livelli normali di potassio la risposta è probabile solo per le colture più esigenti. Con livelli elevati è sconsigliata ogni pratica di concimazione potassica.

La valutazione agronomica del **calcio** deve riguardare non solo l'aspetto nutrizionale specifico, ma anche la capacità dell'elemento di migliorare le caratteristiche chimiche, fisiche e biologiche del suolo. Carenze di calcio nei nostri ambienti sono abbastanza rare e, in linea generale, si manifestano su terreni acidi, a bassa C.S.C., e soggetti ad intensa lisciviazione (zone ad elevata piovosità o con notevoli apporti idrici). Calcio-carenze sono molto probabili a livelli inferiori a 200-300 mg/kg di Ca scambiabile, mentre livelli compresi tra 300-600 mg/kg sono da considerarsi marginali per le colture più esigenti.

Il **magnesio**, nonostante il suo ruolo fisiologicamente importante, è richiesto dalla pianta in quantità assai minori rispetto al calcio e al potassio. La risposta a concimazioni con questo elemento sono molto probabili con livelli di Mg scambiabile inferiori a 50 mg/kg. Per valori compresi tra 50 e 100 mg/kg la risposta è meno probabile e per lo più relativa a colture esigenti (bietola, cavoli, fruttiferi e colture in serra).

La valutazione del **sodio** scambiabile ai fini della nutrizione delle piante deve prendere in considerazione i suoi eccessi sul complesso di scambio in relazione con gli altri cationi. Magnesio e potassio possono venire ostacolati

nell'assorbimento dalla eccessiva presenza di sodio (antagonismo ionico). Valori inferiori a 230 mg/kg sono da considerarsi normali, mentre al di sopra si manifestano sintomi di tossicità per le colture e peggioramento delle caratteristiche fisiche dei suoli.

I certificati di analisi riportano molto spesso la valutazione delle basi di scambio in quantità assolute (mg/kg), che però può essere espressa, in forma più moderna, anche considerando la percentuale che i cationi occupano sul complesso di scambio [4].

11.3 Approfondimenti

basi di scambio	Valutazione (valori espressi come % della Capacità di Scambio Cationico)			
	normale	leggermente alto	alto	molto alto
Na ⁺ scambiabile	<inferiore 5	tra 5 e 10	tra 10 e 15	superiore a 15
	basso	medio	alto	molto alto
K ⁺ scambiabile	inferiore a 2	tra 2 e 5	tra 5 e 8	superiore a 8
Mg ²⁺ scambiabile	inferiore a 5	tra 5 e 10	tra 10 e 15	superiore a 15
	molto basso	basso	medio	alto
Ca ²⁺ scambiabile	inferiore a 35	tra 35 e 55	tra 55 e 70	superiore a 70

Per approfondimenti vedi i seguenti paragrafi:

- questa sezione - par. “Capacità di scambio cationico”
- questa sezione - par. “Saturazione basica”
- questa sezione - par. “Rapporto Mg/K”
- questa sezione - par. “Percentuale di sodio scambiabile (ESP)”
- sezione 3 - il calcolo delle unità di concime

11.4 Bibliografia

- [1] Ministero per le Politiche Agricole (1999). Metodi ufficiali di analisi chimica del suolo. D.M. del 13/09/99, Gazzetta Ufficiale n. 248 del 21.10.99
- [2] Ministero delle Risorse Agricole, Alimentari e Forestali, Osservatorio Nazionale Pedologico per la Qualità del Suolo (1994). Metodi ufficiali di analisi chimica del suolo con commenti ed interpretazioni. ISMEA, Roma.

- [3] Sbaraglia M., Lucci E. (1994). Guida all'interpretazione dell'analisi del terreno ed alla fertilizzazione. Studio Pedon, Pomezia.
- [4] Ministero delle Risorse Agricole, Alimentari e Forestali (1995). Guida alla lettura ed interpretazione del Codice di Buona Pratica Agricola per la protezione delle acque dai nitrati. Quaderno n. 2. Edagricole
- [5] AA VV (2000). Metodi di analisi chimica del suolo. FrancoAngeli Editore.

12. Grado di saturazione in basi

Si definisce **grado di saturazione in basi** (GSB) la percentuale di basi scambiabili (calcio (Ca^{2+}), magnesio (Mg^{2+}), potassio (K^+) e sodio (Na^+), sulla Capacità di scambio cationico (C.S.C.).

Il grado di saturazione in basi si calcola con la seguente espressione [1]:

$$\text{GSB} = \sum \text{B} / \text{CSC} * 100$$

dove:

GSB è il grado di saturazione in basi (percentuale);

B è la somma del contenuto di calcio, magnesio, potassio e sodio di scambio espresso in $\text{cmol}(+)/\text{kg}$;

CSC è la capacità di scambio cationico, determinata con lo stesso metodo delle basi di scambio, espressa in $\text{cmol}(+)/\text{kg}$.

12.1 Valutazione agronomica

Il rapporto di saturazione basica è utile per definire il grado di disponibilità dei cationi nutritivi sul complesso di scambio [2].

GSB	valutazione
inferiore al 45%	molto bassa
tra il 45 e il 65 %	bassa
tra il 65 e 85%	media
superiore all'85%	alta

12.2 Approfondimenti

Per approfondimenti vedi i seguenti paragrafi:

- questa sezione - par. “Capacità di scambio cationico”
- questa sezione - par “Basi di scambio”
- questa sezione - par. “Sodicità”

12.3 Bibliografia

[1] Ministero per le Politiche Agricole (1999). Metodi ufficiali di analisi chimica del suolo. D.M. del 13/09/99, Gazzetta Ufficiale n. 248 del 21.10.99

[2] Sbaraglia M., Lucci E. (1994). Guida all'interpretazione dell'analisi del terreno ed alla fertilizzazione. Studio Pedon, Pomezia.

13. Percentuale di sodio scambiabile (ESP)

Rappresenta il rapporto percentuale tra il sodio scambiabile ($Na_{scamb.}$) e la Capacità di scambio cationico (C.S.C.)

$$ESP = 100 * Na_{scamb.}/C.S.C.$$

L'acronimo ESP proviene dalla definizione in inglese *Exchange Sodium Percentage*.

13.1 Valutazione agronomica

L'accumulo di sodio di scambio nel terreno provoca: deterioramento delle proprietà fisiche, elevato pH del terreno, tossicità dell'elemento verso le colture.

La presenza di un eccesso di sodio favorisce la deflocculazione delle argille che determina un drastico peggioramento delle caratteristiche fisiche di un suolo: minore permeabilità del terreno, basso grado di areazione, suolo molto duro quando secco e plastico ed adesivo quando bagnato (le operazioni di aratura diventano difficili), problemi di crosta superficiale.

Convenzionalmente viene definito **sodico** un suolo con ESP maggiore di 15. Tuttavia andrà considerata la natura delle argille, la tessitura (a parità di ESP le tessiture tendenzialmente sabbiose si comportano meglio di quelle pesanti), la presenza di sostanza organica, i livelli di salinità.

Il livello di attenzione dell'ESP è funzione della sensibilità delle colture; la gran parte delle piante da frutto è molto sensibile, mentre in genere le colture annuali lo sono meno e risentono degli effetti fitotossici a più alti livelli.

Tolleranza all'ESP	coltura
molto sensibili (ESP=2÷10)	fruttiferi; agrumi
sensibili (ESP=10÷20)	fagiolo
mediamente tolleranti (ESP=20÷40)	trifoglio, avena, festuca, riso
tolleranti (ESP=40÷60)	grano, cotone, medica, orzo, pomodoro, bietola

Altri inconvenienti sono relativi ad azioni indirette: la forte alcalinità provoca la insolubilizzazione di alcuni microelementi - ferro, manganese, rame e zinco - determinando quindi carenze nutrizionali.

13.2 Approfondimenti

Per approfondimenti vedi i seguenti paragrafi:

- **questa sezione - par. “Capacità di scambio cationico**
- **questa sezione - par. “Basi di scambio”**
- **questa sezione - par. “Conduttività elettrica”**

13.3 Bibliografia

Sbaraglia M., Lucci E. (1994). Guida all'interpretazione dell'analisi del terreno ed alla fertilizzazione. Studio Pedon, Pomezia.

14. Rapporto C/N

Rapporto in peso tra la quantità di **carbonio organico** (C) e la quantità di **azoto totale** (N) presenti in un suolo o nel materiale organico.

Tale rapporto qualifica il tipo di humus presente nel terreno. Nei terreni ricchi di sostanza organica ben umificata, tale rapporto è compreso tra 8 e 12 mentre sale oltre 15 nei terreni biologicamente meno attivi e con mineralizzazione più lenta.

14.1 Elementi di Buona Pratica Agricola

Il rilascio di azoto dai residui colturali è legato al rapporto C/N. Se il rapporto è inferiore a 20 una certa quantità di azoto che viene liberato dai residui è ceduto al terreno (**mineralizzazione dell'azoto**). Se il rapporto è compreso tra 20 e 30-35 l'azoto presente nei residui viene totalmente utilizzato nel processo di umificazione ed in genere non si ha né rilascio né immobilizzazione. Se il rapporto è superiore a 30-35 non si ha un rilascio ma al contrario i microrganismi utilizzano l'azoto inorganico presente nel terreno (**immobilizzazione dell'azoto**).

Pertanto, è bene conoscere il rapporto C/N dei residui vegetali, al fine di evitare fenomeni di immobilizzazione dell'azoto. In tabella vengono elencati i valori medi del rapporto C/N di alcuni residui vegetali [1].

Tipo di residuo	rapporto C/N
trifoglio	13
erba medica	20
arachide	20
foglie di robinia	16
fieno misto	25
stocchi di mais	40
miglio	90
paglia di frumento	80
paglia di avena	80
paglia di riso	50

Come si vede le leguminose, sia erbacee che arboree, presentano rapporti C/N di circa 20 e quindi cedono azoto al terreno durante la fase di demolizione; al contrario le paglie di cereali, che presentano elevati rapporti C/N, hanno bisogno di azoto e si ha quindi il fenomeno dell'immobilizzazione. In

quest'ultimo caso può verificarsi una sottrazione di azoto assimilabile: pertanto quando si interra la paglia, o altri residui ad alto rapporto C/N, si suggerisce di applicare azoto in ragione di 0,5-1 kg per quintale di residuo, per evitare l'immobilizzazione ed accelerare la decomposizione dei residui.

14.2 Approfondimenti

Per approfondimenti vedi i seguenti paragrafi:

- questa sezione - par. "Carbonio organico"
- questa sezione - par. "Azoto totale"

14.3 Bibliografia

- [1] Sbaraglia M., Lucci E. (1994). Guida all'interpretazione dell'analisi del terreno ed alla fertilizzazione. Studio Pedon, Pomezia.

15. Rapporto Mg/K

Rapporto tra la quantità di magnesio scambiabile (Mg) e la quantità di potassio scambiabile (K).

Diversi autori hanno evidenziato l'importanza che il **rapporto Mg/K** riveste nella valutazione del magnesio. Elevati quantitativi di potassio possono ostacolare l'assorbimento del magnesio da parte della coltura la quale può manifestare delle carenze indotte.

Pertanto, nel valutare l'assimilabilità del magnesio è fondamentale non solo considerare la carenza dell'elemento in termini assoluti, cioè la sua scarsa presenza sul complesso di scambio, ma anche la sua assimilabilità in funzione dei livelli di potassio.

15.1 Valutazione agronomica

In linea generale, la valutazione del rapporto Mg/K è la seguente:

Mg/K	valutazione
inferiore a 0,5	Molto basso; le magnesio carenze indotte sono molto probabili per tutte le colture
tra 0,5 e 1,0	Basso; le magnesio carenze indotte sono poco probabili per le colture erbacee; sono probabili per gli ortaggi, la bietola, i fruttiferi e le colture sotto serra.
tra 1,0 e 2,0	Leggermente basso; le magnesio carenze indotte non sono probabili per le colture erbacee, per gli ortaggi e la bietola; lo sono invece per i fruttiferi e le colture sotto serra.
tra 2,0 e 6,0	Ottimale; le magnesio carenze indotte non sono probabili. Magnesio e potassio sono presenti in quantità equilibrate.
tra 6,0 e 10,0	Leggermente alto; probabili effetti antagonisti del magnesio sull'assorbimento del potassio.
superiore a 10,0	Alto assai probabili effetti antagonisti del magnesio sull'assorbimento del potassio.

I limiti del rapporto Mg/K sono abbastanza definiti per valori inferiori a 2, mentre per i valori superiori a 6 il significato deve essere valutato con attenzione.

Le carenze indotte si fanno sentire in maniera più marcata quando l'elemento sottoposto ad antagonismo è presente a bassi livelli assoluti.

15.2 Approfondimenti

Per approfondimenti vedi i seguenti paragrafi:

- questa sezione - par. "Capacità di scambio cationico"
- questa sezione - par. "Basi di scambio"

15.3 Bibliografia

- [1] Sbaraglia M., Lucci E. (1994). Guida all'interpretazione dell'analisi del terreno ed alla fertilizzazione. Studio Pedon, Pomezia.