

STUDIO  
Misc.  
1985  
SISS  
18  
RENZE  
EDIFESA SUOLO  
SPERIMENTALE

**SOCIETÀ ITALIANA  
DELLA SCIENZA DEL SUOLO**



**metodi  
normalizzati  
di analisi  
del suolo**

edagricole

EDIFESA SUOLO

# METODI NORMALIZZATI DI ANALISI DEL SUOLO

*Società italiana  
della scienza del suolo*



ISTITUTO SPERIMENTALE PER LO STUDIO E LA DIFESA DEL SUOLO	
Acquisto 1988	
Inventario N.	1671
Collocazione	M. III 72



**EDAGRICOLE**

1ª edizione: dicembre 1985

---

## PREMESSA

---

*Il Convegno di Torino del 1980 aveva fatto emergere l'opportunità di aggiornare i metodi di analisi del suolo pubblicati dalla SISS nel 1976.*

*Nello svolgere tale compito, affidatoci dalla IV Commissione, ci siamo avvalse delle indicazioni e dei consigli di numerosi colleghi.*

*Alcuni metodi sono stati riportati integralmente, altri modificati ed altri ancora aggiunti. In particolare in questa stesura compare una sezione dedicata all'interpretazione dei risultati: si tratta di indicazioni di massima che dovrebbero consentire nel futuro una più esatta valutazione dei riscontri analitici e la loro traduzione in termini di interventi. Ciò sarà reso possibile da uno scambio di risultati tra quanti adotteranno le metodiche indicate.*

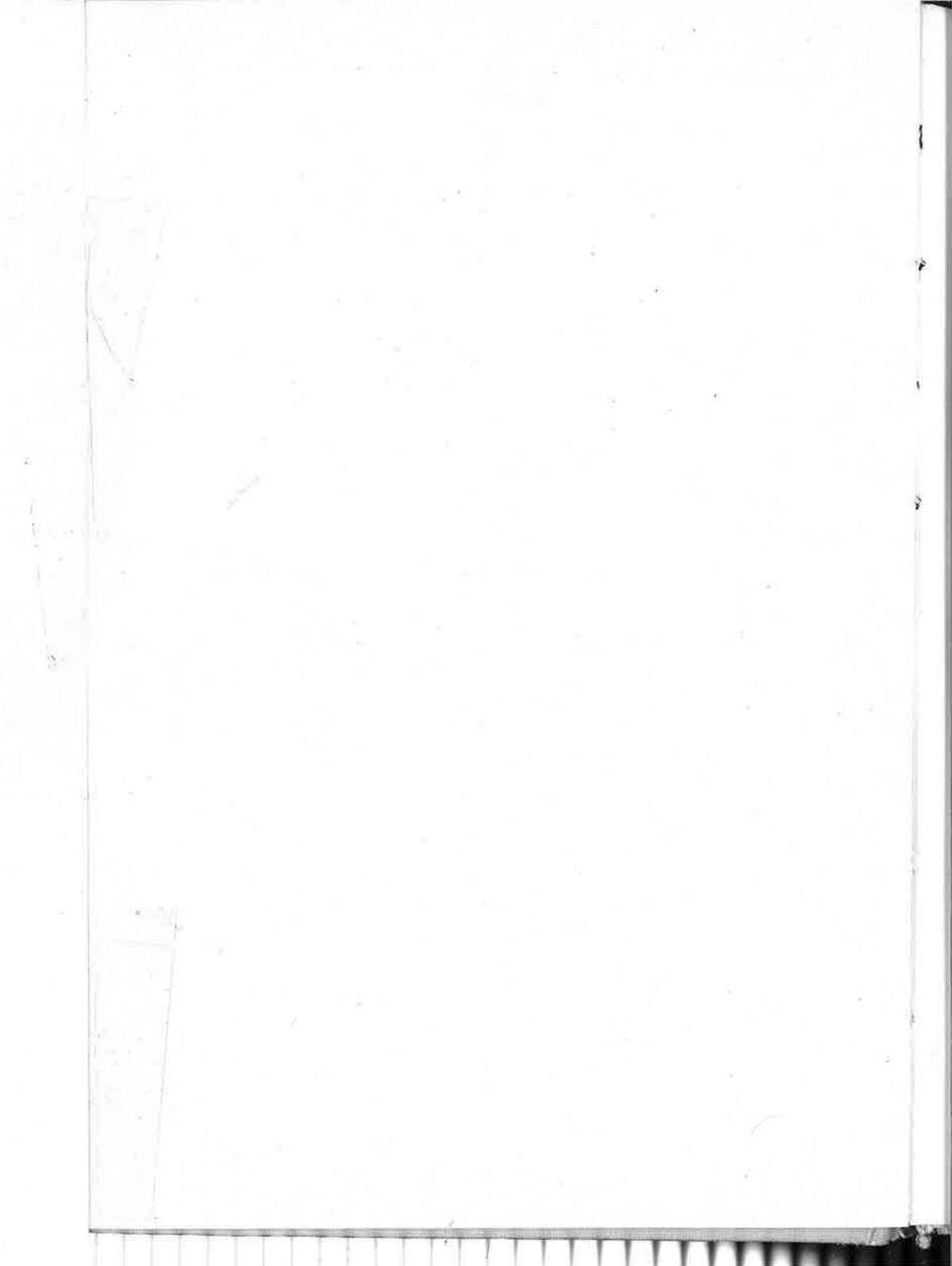
*Anche questa stesura non ha quindi un carattere definitivo e ci auguriamo possa essere periodicamente rivista e migliorata.*

LINDA FEDERICO GOLDBERG

Milano

ENZA ARDUINO

Torino



## INDICE



ISTITUTO SPERIMENTALE PER LO STUDIO  
E LA DIFESA DEL SUOLO

*Acquisto 1987*

Inventario N. ....

Collocazione: *M. III*

Premessa .....	pag.	V
SEZIONE 1 - Prelevamento e preparazione del campione ... »	1	1
1.1- Prelevamento del campione ..... »	3	3
1.2- Preparazione del campione ..... »	5	5
1.3- La determinazione dell'umidità ..... »	7	7
SEZIONE 2 - Caratteristiche fisiche ..... »	9	9
2.1- Analisi granulometrica ..... »	11	11
2.2- Separazione delle reazioni sabbiosa e argillo- sa ..... »	15	15
2.3- Densità reale ..... »	16	16
2.4- Densità apparente ..... »	17	17
2.5- Valutazione della porosità ..... »	20	20
2.6- Analisi idrologiche ..... »	21	21
SEZIONE 3 - Reazione del suolo ..... »	25	25
3.1- Determinazione del pH ..... »	27	27
3.2- Determinazione del calcare ..... »	28	28
3.3- Determinazione del calcare attivo ..... »	29	29
3.4- Determinazione del fabbisogno in calce ..... »	30	30
SEZIONE 4 - Complesso di scambio ..... »	33	33
4.1- Determinazione della capacità di scambio cationico (CSC) ..... »	35	35
4.2- Determinazione delle basi di scambio ..... »	39	39
4.3- Determinazione dell'acidità ..... »	40	40
4.4- Determinazione del fabbisogno in gesso ..... »	42	42
SEZIONE 5 - Frazione minerale ..... »	43	43
5.1- Determinazione degli elementi totali ..... »	45	45
5.2- Frazionamento del ferro e dell'alluminio ..... »	50	50

SEZIONE	6 - Frazione organica .....	pag.	53
	6.1 - Determinazione del carbonio organico .....	»	55
	6.2 - Determinazione dell'azoto totale .....	»	57
	6.3 - Determinazione del fosforo organico .....	»	60
SEZIONE	7 - Frazione assimilabile di elementi nutritivi e/o inquinanti .....	»	63
	7.1 - Calcio, magnesio, potassio, sodio .....	»	63
	7.2 - Determinazione del fosforo assimilabile .....	»	65
	7.3 - Determinazione di ferro, rame, zinco, manganese, cobalto, selenio, cadmio, cromo, nichel, piombo, mercurio assimilabili .....	»	67
	7.4 - Boro solubile .....	»	68
	7.5 - Determinazione del molibdeno assimilabile .....	»	70
SEZIONE	8 - Analisi degli estratti acquosi .....	»	71
	8.1 - Preparazione degli estratti acquosi .....	»	73
	8.2 - Determinazione indiretta dei sali solubili: misura della conducibilità specifica della soluzione .....	»	74
	8.3 - Determinazione diretta dei sali solubili .....	»	76
SEZIONE	9 - Acque di irrigazione .....	»	83
SEZIONE	10 - Interpretazione dei risultati .....	»	87

---

# SEZIONE 1: PRELEVAMENTO E PREPARAZIONE DEL CAMPIONE

---

## 1.1 Prelevamento

Deve essere effettuato in maniera diversa a seconda degli scopi che si vogliono raggiungere. Per studi di genesi, classificazione e cartografia, si rimanda alla «Guida alla descrizione del suolo» di G. Sanesi — CNR Progetto Finalizzato Conservazione del Suolo, sottoprogetto Dinamica dei versanti — Firenze, 1977. Pubblicazione n. 11.

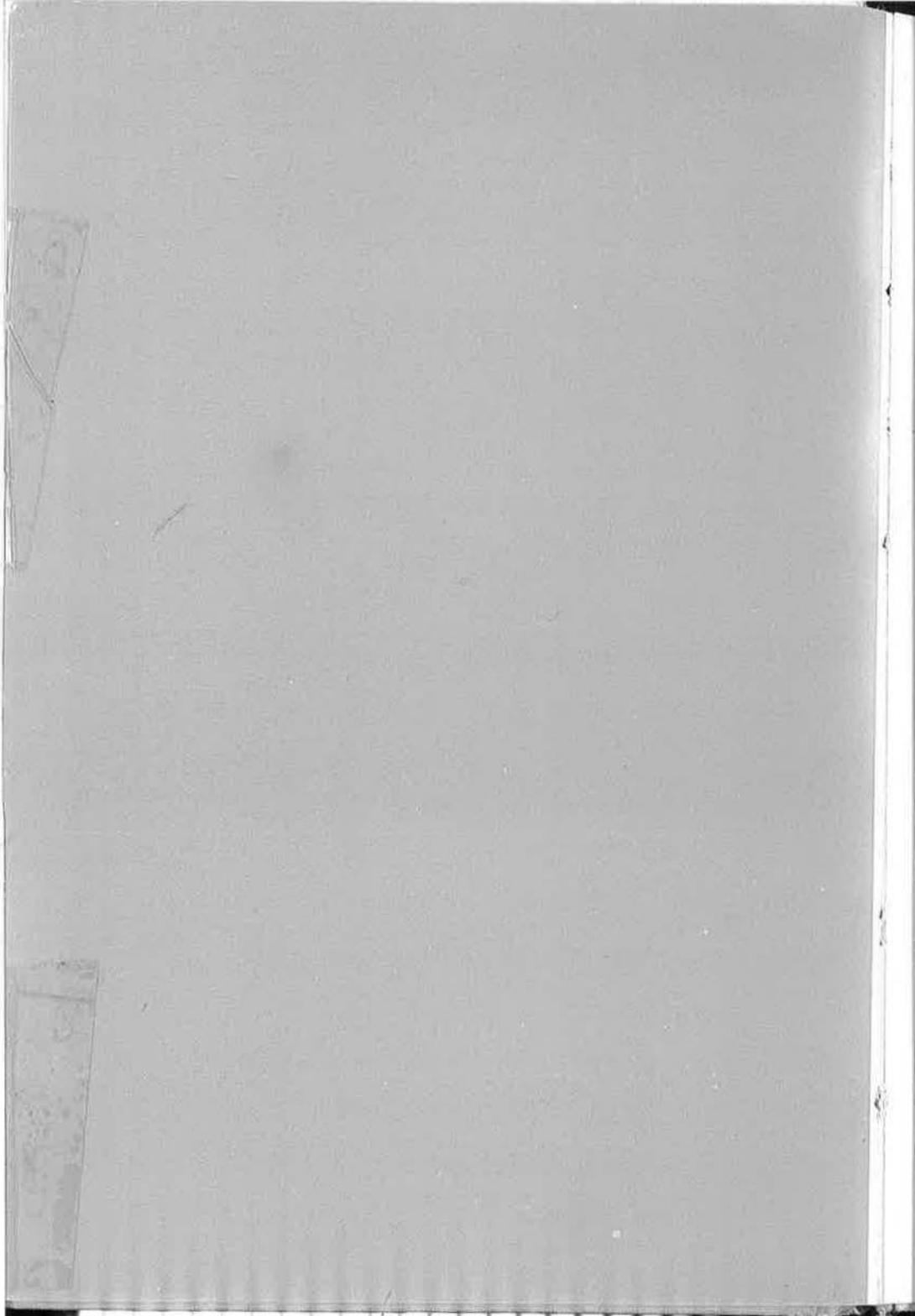
Nel caso di suoli messi a coltura si procederà come indicato in 1.1, tenendo presente che la rappresentatività del campione è condizione indispensabile per la validità di tutta l'indagine.

## 1.2 Preparazione

Ha lo scopo di separare la «terra fine» (frazione <2 mm) da sottoporre all'analisi, nonché la frazione <0,5 mm, da utilizzare per quei metodi che prevedono l'impiego di quantità di campione inferiore a 2 grammi.

## 1.3 Umidità

Deve essere sempre determinata per poter riferire i risultati analitici al suolo secco a 105°C, dato che i suoli, anche se secchi all'aria, trattengono quantitativi di acqua variabili in funzione della loro costituzione.



## 1.1 PRELEVAMENTO DEL CAMPIONE

1.1.1 *Mezzi occorrenti*  
Vanga, trivella, sacchetti, cartellini, matita indelebile.

1.1.2 *Modo di procedere*

1.1.2.1 *Numero dei campioni*

Per superfici omogenee a coltura omogenea, di dimensioni pari o superiori a 1 ettaro vengono preparati 3-4 campioni medi/ha. Ciascun campione, ottenuto dal mescolamento di 3-4 subcampioni prelevati in modo casuale, in punti diversi ma sufficientemente distanziati, è analizzato separatamente.

Per superfici omogenee a coltura omogenea, di dimensioni inferiori a 1 ettaro, viene preparato un campione medio ottenuto dal mescolamento di 5 subcampioni prelevati in modo casuale, in punti diversi, ma sufficientemente distanziati.

1.1.2.2 *Modalità di prelevamento*

Esclusi i primi 2-3 cm, per ovviare a eventuali inquinamenti superficiali e alla presenza di residui vegetali, si procederà al prelevamento dei campioni con trivella o con vanga secondo lo schema:



1.1.2.3 *Profondità indicative di prelevamento*

Prato	da 2 a 15 cm
Colture orticole	da 2 a 25 cm
Colture arboree	da 2 a 25 cm e da 30 a 60 cm (tra le file)
Colture erbacee	da 2 a 25 cm
Mais	da 2 a 40 cm

Arato  
Serra o bancale

campione medio entro lo strato interessato  
campione medio del terriccio

Nota: quando si analizza per la prima volta un suolo è indispensabile una conoscenza più approfondita che può derivare unicamente dall'esame del profilo.

1.1.2.4

*Confezionamento e quantità*

Ciascun campione di suolo, di non meno di 1 kg, escluso l'eventuale scheletro, viene conservato in contenitori che consentano gli scambi gassosi (sacchetti di plastica tramata, tela di juta, sisal ecc.).

Nel caso di determinazioni che debbono essere effettuate sul suolo umido (azoto ammoniacale in presenza di calcare) o di analisi di alcuni tipi di suoli es. ando-suoli, è indispensabile l'uso di contenitori che escludano gli scambi gassosi.

Ogni campione deve essere contrassegnato da due cartellini con scritte indelebili da porre all'interno e all'esterno del contenitore.

---

## 1.2. PREPARAZIONE DEL CAMPIONE

---

### 1.2.1 *Mezzi occorrenti*

- Stufa a ventilazione
- Apparecchio per la frantumazione
- Setaccio a maglie da 2 mm di ottone (N. 7 UNI) o nylon
- Setaccio a maglie da 0,5 mm di ottone (N. 20 UNI) o nylon
- Scatole di plastica o di cellophan di dimensioni adeguate (es. 15×15×7 cm).

### 1.2.2 *Modo di procedere*

#### 1.2.2.1 *Campione secco all'aria e setacciato a 2 mm*

Ciascun campione, posto su vassoi di carta o di plastica, viene essiccato all'aria o in stufa a ventilazione a temperatura non superiore a 40°C.

Viene quindi frantumato (se necessario) evitando la polverizzazione dei materiali rocciosi teneri eventualmente presenti. Questa operazione si può compiere:

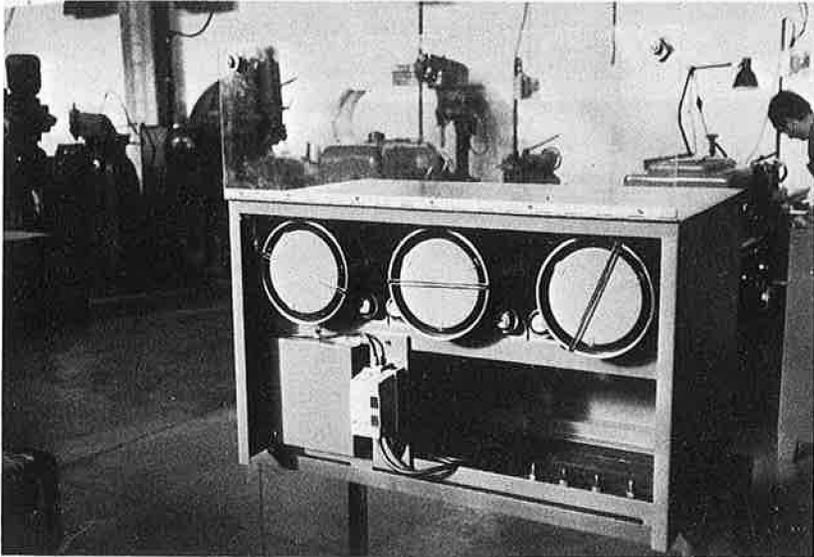
a) mediante apparecchiatura del tipo riportata in figura 1.1.

b) comprimendo il campione con rullo di legno eventualmente ricoperto di gomma.

Si procede quindi alla setacciatura con setacci a maglie da 2 mm. Il setaccio deve essere di nylon quando sia necessario evitare contaminazione da metalli.

#### 1.2.2.2 *Campione secco all'aria e setacciato a 0,5 mm*

In punti casualmente diversi del campione setacciato a 2 mm si preleva una certa quantità di suolo che viene pestata in mortaio di agata e setacciata con setaccio a maglie da 0,5 mm. Il residuo al setaccio viene ancora pestato finché non passa tutto attraverso il vaglio.



**Fig. 1.1** - Apparecchio per la disaggregazione del campione costruito a Torino secondo il modello proposto su «Procedures for testing soil», 1964 - American Society for testing and materials (ASTM), 143.

Il campione viene posto in apposito contenitore insieme a sbarre di acciaio rivestite di gomma. Il contenitore è quindi messo nel cilindro rotante. Un trattamento di 10 minuti è sufficiente a rompere aggregati anche tenaci mentre lo scheletro non viene frantumato. L'apparecchio può essere dotato di due o tre cilindri.

## 1.3 DETERMINAZIONE DELL'UMIDITÀ

- 1.3.1 *Mezzi occorrenti*
- Pesafiltri di diametro di 7-8 cm
  - Essiccatore
  - Stufa

- 1.3.2 *Modo di procedere*
- Circa 5,0 g di suolo secco all'aria e setacciato a 2 mm, posto in un pesafiltro previamente tarato, vengono pesati e quindi essiccati in stufa a 105°C per 16-18 ore.
- Dopo raffreddamento in essiccatore si pesa nuovamente il pesafiltro contenente il campione disidratato.

- 1.3.3 *Calcolo*

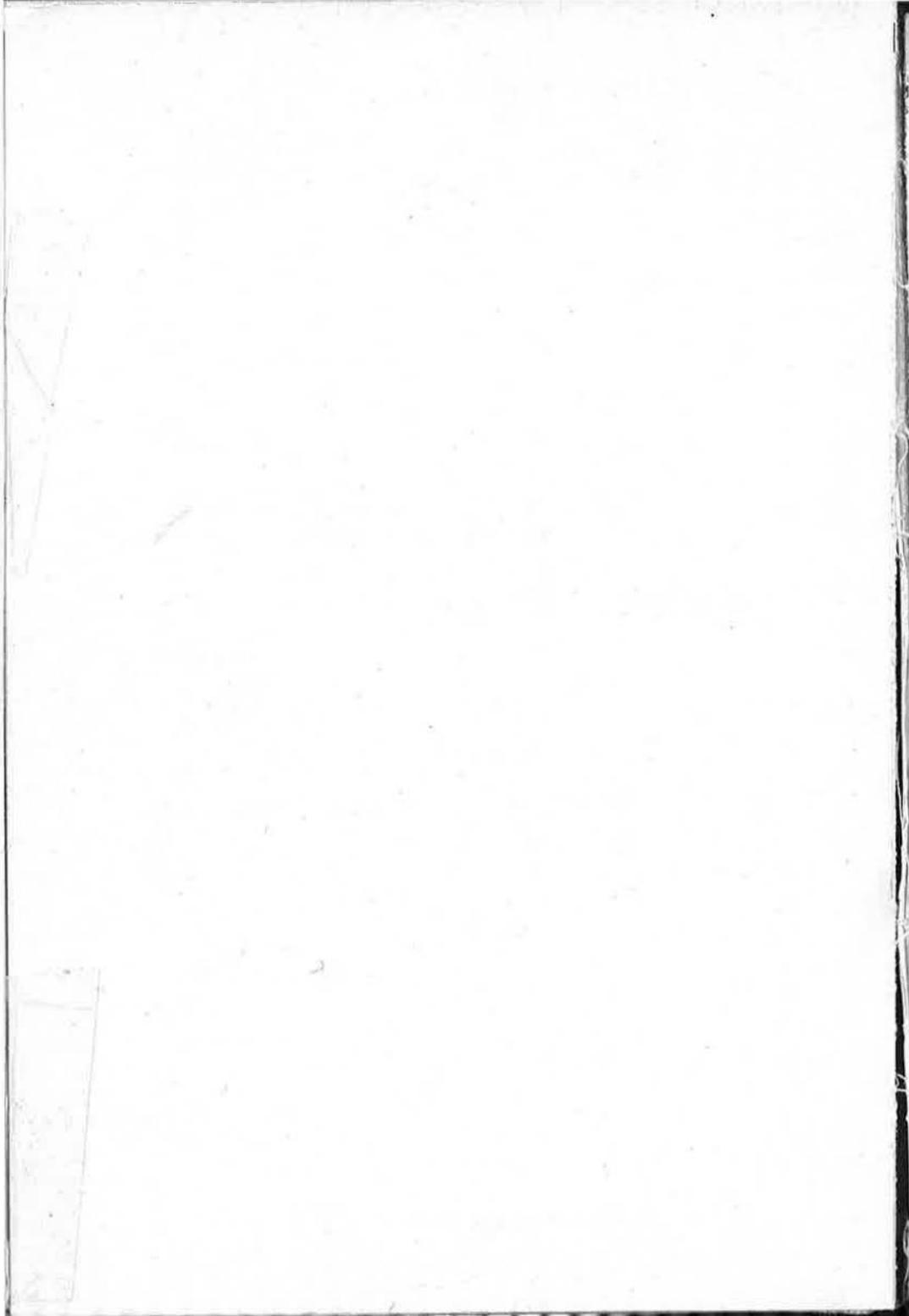
$$\text{Umidità \%} = \frac{P_u - P_s}{P_u} \cdot 100$$

$P_u$  = peso del suolo secco all'aria  
 $P_s$  = peso del suolo secco in stufa a 105°C.

- 1.3.4 *Calcolo del fattore*

Il fattore che converte i dati ottenuti per il suolo secco all'aria in dati riferiti al suolo secco in stufa a 105°C si calcola da:

$$f = \frac{P_u}{P_s}$$



---

## SEZIONE 2: CARATTERISTICHE FISICHE

---



- 2.1 Granulometria** Rappresenta la ripartizione delle particelle costituenti la terra fine in funzione delle loro dimensioni.
- 2.2 Separazione delle frazioni sabbiosa e argillosa** Fornisce il materiale su cui condurre l'analisi mineralogica.
- 2.3 Densità reale** Rappresenta la densità dell'insieme dei diversi costituenti solidi del suolo. Esprime il rapporto fra la massa totale dei costituenti solidi ed il volume totale da questi occupato.  
La misura diretta si effettua con il picnometro.
- 2.4 Densità apparente** Esprime il rapporto fra la massa ed il volume di un campione di suolo non disturbato.  
Viene misurata in campo e calcolata come rapporto tra il peso del suolo recuperato dallo scavo di una piccola buca ed il volume della buca misurato con sabbia a densità apparente nota (2.4.1).  
Valori più approssimati si determinano pesando un campione di suolo prelevato in campo con un cilindro metallico a volume noto ed essiccato in stufa a 105°C (2.4.2).
- 2.5 Porosità** Rappresenta il volume di suolo non occupato dalla fase solida e quindi disponibile per le fasi liquida e gassosa.  
Si calcola sulla base della densità apparente e di quella reale.

## **2.6 Analsi idrologiche**

### **2.6.1 Saturazione in acqua**

Rappresenta la massima quantità di acqua che può essere assorbita dal suolo senza che si osservi acqua «libera».

La determinazione si effettua sulla «pasta satura» ottenuta per mescolamento meccanico o per imbibizione capillare.

### **2.6.2 Determinazione della umidità ai punti a potenziale matricale caratteristico (curva acqua-terreno)**

Viene eseguita allontanando, a valori di pressione definiti, l'acqua contenuta nel suolo e determinando l'umidità residua.

### **2.6.3 Velocità di infiltrazione**

Si misura in campo rilevando nel tempo la quantità di acqua che penetra nel suolo attraverso un cilindro di metallo di superficie nota. La diffusione laterale dell'acqua percolante dal cilindro è impedita dall'acqua infiltrata da un altro cilindro esterno e concentrico al primo.

## 2.1 ANALISI GRANULOMETRICA

### 2.1.1

#### Generalità

In base al loro diametro i costituenti della frazione inferiore a 2 mm vengono suddivisi nelle seguenti classi:

Sabbia grossa	2,0 -0,2 mm
Sabbia fine	0,2 -0,05 mm
Limo grossolano	0,05-0,02 mm
Limo fine	0,02-0,002 mm
Argilla	<0,002 mm

Il procedimento analitico consiste in due fasi: a) dispersione del campione; b) separazione e determinazione ponderale delle diverse frazioni.

a) La dispersione del campione tal quale consente la determinazione della «tessitura apparente».

La dispersione del campione preceduta dalla distruzione dei cementi organici (con perossido di idrogeno) e ferrici (con sodioditionito, citrato e bicarbonato) consente la determinazione della «tessitura reale».

b) La separazione delle diverse frazioni (fatta eccezione della sabbia grossa che viene estratta per setacciatura a umido) è effettuata tenendo conto delle diverse velocità di caduta delle particelle in liquido acquoso in quiete. Le particelle vengono classificate in base ai diametri medi ed alla relativa velocità di sedimentazione secondo i seguenti valori limite:

Tabella 2.1 - Velocità di caduta e tempi di sedimentazione a 20°C

Frazioni	Ø particelle (mm)	Velocità di caduta cm sec <sup>-1</sup>	Tempo di sedimentaz. h 25 cm
Sabbia fine	0,2 -0,05	0,217	2'
Limo grossolano	0,05-0,02	0,0347	12'
Limo fine	0,02-0,002	0,000347	20 h

Per temperature diverse, i tempi di sedimentazione vanno corretti moltiplicando per i seguenti fattori:

Temperatura (°C)	Fattore
10	1,303
15	1,135
20	1,000
25	0,888
30	0,800

Per la separazione e la successiva determinazione delle frazioni si impiega generalmente il metodo alla pipetta.

### 2.1.2 *Apparecchiature e reattivi*

— Levigatore alla pipetta secondo Esenwein: è costituito da un cilindro di capacità utile 500 ml con pipetta in basso in posizione fissa e presenta il vantaggio che all'atto del prelievamento il liquido vi fluisce spinto dalla pressione idrostatica.

— Setaccio a maglie da 0,2 mm di ottone (N. 28 UNI).

— Sodio esametafosfato  $[(\text{NaPO}_3)_6]$  35,7 g di sodio esametafosfato si sciolgono in un matraccio tarato contenente 750 ml di acqua, si aggiungono 8 g di sodio carbonato anidro ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ) e si porta a volume.

— Sodio ditionito ( $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_4$ ) solido

— Sodio bicarbonato ( $\text{NaHCO}_3$ ) soluzione 1 N (84 g/l)

— Sodio citrato ( $\text{Na}_3\text{C}_6\text{H}_5\text{O}_7 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ) soluzione 0,3 M (88 g/l)

— Perossido di idrogeno ( $\text{H}_2\text{O}_2$ ) 30%

— Sodio cloruro ( $\text{NaCl}$ ) soluzione satura

— Acetone

### 2.1.3 *Modo di procedere*

Le determinazioni vengono effettuate su 10,0 g di suolo secco all'aria e setacciato a 2 mm. Se il suolo presenta un contenuto elevato di frazione sabbiosa, si opera su 20,0 g.

Quando il contenuto in sali solubili (8.2) è superiore allo 0,5% il campione deve essere preventivamente lavato più volte per decantazione con acqua deionizzata fino a che il valore di conducibilità risulta inferiore a  $1 \text{ mS cm}^{-1}$ .

#### 2.1.3.1 *Determinazione della «tessitura apparente»*

Al campione, in beuta di plastica, si aggiungono 10 ml della soluzione di sodio esametafosfato e circa 200 ml di acqua deionizzata. Si agita per 2 ore su scuotitore meccanico. Si versa la sospensione nel levigatore attraverso setaccio a maglie di 0,2 mm su cui si raccoglie la sabbia grossa. Si lava accuratamente. La sabbia grossa, trasferita dal setaccio in una capsula tarata, si essicca in stufa a  $105^\circ\text{C}$  e si pesa alla bilancia analitica ( $S_g$ ). La torbida e le acque di lavaggio raccolte nel levigatore si portano a volume con acqua deionizzata ( $V_1$ ). Si agita in modo da ottenere una sospensione omogenea. I tempi di sedimentazione devono

essere valutati dal momento in cui cessa l'agitazione. Per un'altezza del liquido di sedimentazione di 25 cm e per una temperatura di 20°C, si opera nel modo seguente:

1° prelievo: dopo 2', limo grossolano+limo fine+argilla (A)

2° prelievo: dopo 12', limo fine+argilla (B)

3° prelievo: dopo 20 h, argilla (C)

Ogni frazione ( $V_p$ ) è raccolta in capsula tarata, e, dopo evaporazione dell'acqua, essiccata in stufa a 105°C e pesata.

Per ogni serie di determinazioni, è necessario valutare per pesata il disperdente presente nel volume prelevato per le singole frazioni (D).

#### 2.1.3.1.1 *Calcolo*

$$\text{Sabbia grossa \%} = S_g \cdot \frac{100}{p}$$

$$\text{Limo grossolano \%} = (A-B) \cdot \frac{V_t}{V_p} \cdot \frac{100}{p}$$

$$\text{Limo fine \%} = (B-C) \cdot \frac{V_t}{V_p} \cdot \frac{100}{p}$$

$$\text{Argilla \%} = (C-D) \cdot \frac{V_t}{V_p} \cdot \frac{100}{p}$$

Sabbia fine = complemento a 100 della somma delle 4 frazioni precedenti

p = peso del campione

$V_p$  = volume prelevato

D = peso del disperdente in  $V_p$

Se il campione è stato preventivamente privato dei sali solubili, il valore di p deve essere sostituito da  $p \cdot \frac{100-S}{100}$  dove S è il contenuto percentuale di sali solubili.

#### 2.1.3.2 *Determinazione della tessitura reale»*

Il campione è trattato in becker da 400 ml con 50 ml di acqua deionizzata e 5 ml di perossido di idrogeno al 30%. Si copre con vetro da orologio e si riscalda a circa 90°C (bagnomaria o piastra). Si aggiungono aliquote di 5 ml di perossido di idrogeno fino a scomparsa di ogni reazione. Si fa bollire per decomporre il perossido e ridurre il volume fino a pochi millilitri. Si travasa quantitativamente in tubo da centrifuga della capacità di circa 200 ml, si aggiungono 100 ml di sodio citrato 0,3 M e 12,5 ml di sodio bicarbonato 1 N. Si riscalda su bagnomaria fino a 80°C e quindi si aggiungono 2,5 g di sodio ditionito solido. Tenendo la temperatura costante a 80°C si agita per 1 minuto e ancora di tanto in tanto fino

a 15' complessivi. Si aggiungono 10 ml di soluzione satura di sodio cloruro e, se la sospensione tarda a flocculare, 10 ml di acetone. Eventualmente si riscalda a bagnomaria per accelerare la flocculazione e si centrifuga per 10'. Il trattamento viene ripetuto una o due volte per quei campioni che contengono una quantità di  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  estraibile superiore al 5%. Si lava una o più volte con la soluzione di sodio citrato in presenza di acetone. Il campione, privato dei cementi organici e ferrici viene trattato secondo 2.1.3.1.

#### 2.1.3.2.1 *Calcolo*

Il peso del campione (p) va corretto tenendo conto del contenuto percentuale di sostanza organica (M), di Fe (F) e di sali solubili (S), se eliminati. Nel calcolo, identico a quello riportato in 2.1.3.1.1., il peso p viene sostituito da:

$$P = \frac{100 - M - F - S}{100}$$

*Referenze:*

KUNZE (1965) Agronomy 9 parte I, 568.

---

## 2.2 SEPARAZIONE DELLE FRAZIONI SABBIOSA E ARGILLOSA

---

### 2.2.1 *Modo di procedere*

Un campione di suolo di 50-100 g (la quantità varia in funzione della tessitura del suolo) viene addizionato della soluzione di sodio esametafosfato nelle proporzioni indicate in 2.1.3.1 e agitato per 2 ore. La sabbia grossa viene separata per setacciatura a umido (2.1.3.1). La sospensione, raccolta nel levigatore, viene agitata e lasciata a sedimentare fino a separazione della sabbia fine e del limo grossolano e fine. Si raccoglie la sospensione contenente la sola argilla ripetendo più volte l'operazione.

L'argilla viene separata per ultracentrifugazione (35.000 giri al minuto) o flocculazione per aggiunta di magnesio cloruro solido.

#### *Referenze:*

KUNZE (1965) Agronomy 9, parte I, 568.

Nota: se si giudica necessario distruggere i cementi organici e ferrici si procederà come indicato in 2.1.3.2, operando sul campione di suolo oppure sulle singole frazioni.

---

## 2.3 DENSITÀ REALE

---

2.3.1 *Apparecchiature*  
— Picnometro a bocca larga (preferibilmente da 50 ml).

2.3.2 *Modo di procedere*  
Si pesa il picnometro secco all'aria ( $P_v$ ). Vi si introducono circa 10 g di campione e si ripesa ( $P_s$ ). Si aggiunge acqua deionizzata fin quasi a sommergere il campione e si pone il picnometro, unitamente ad un becker contenente acqua deionizzata, in un essiccatore. Si pratica un vuoto di circa 10 cm di mercurio in modo da rimuovere l'aria contenuta all'interno e fra gli aggregati del suolo, nonché quella contenuta nell'acqua del becker. Si lascia sotto vuoto per 16-18 ore e, successivamente, si ristabilisce la pressione ambiente. Completato il riempimento con l'acqua di riserva, si pesa il picnometro chiuso ed asciugato esternamente ( $P_1$ ). Si pesa infine il picnometro lavato, riempito con acqua deareata e asciugato esternamente ( $P_w$ ).

2.3.3 *Calcolo*  
La densità media delle particelle ( $d_r$ ) è data da:

$$d_r \text{ (g cm}^{-3}\text{)} = \frac{d (P_s - P_v)}{P_s - P_v - (P_1 - P_w) \cdot f}$$

$d$  = densità dell'acqua alla temperatura delle misure

$P_s$  = peso del picnometro contenente il campione di suolo secco all'aria

$P_v$  = peso del picnometro vuoto

$P_1$  = peso del picnometro contenente il campione di suolo e riempito di acqua

$P_w$  = peso del picnometro pieno d'acqua

$f$  = fattore di correzione per l'umidità (1.3.4).

Nota: è consigliabile usare l'acqua come liquido di misura perché il rigonfiamento dei colloidi da essa provocato rende le condizioni delle determinazioni più vicine a quelle reali.

## 2.4 DENSITÀ APPARENTE

### 2.4.1 *Metodo al cono a sabbia*

#### 2.4.1.1 *Apparecchiature e materiali*

— L'apparecchiatura necessaria (cono a sabbia, fig. 2.1) viene venduta da Ditte specializzate.

— Recipiente cilindrico in vetro comune a volume tarato (diametro 5 cm circa, capacità circa 500 ml).

— Sacchetti in plastica, resistenti, adatti a contenere 2,5 kg circa di sabbia.

— Sabbia. La sabbia deve essere scorrevole, non cementata e a granuli arrotondati. Si lava la sabbia a fondo con acqua o con acido (se è necessario per eliminazione di carbonati o di sali solubili), si asciuga in stufa a 105°C e si scarta per setacciatura tutta la frazione che resta sul setaccio da 2 mm (N. 7 UNI) e tutta la frazione che passa attraverso lo staccio di 75  $\mu\text{m}$  (N. 37 UNI).

— Cazzuolina (lama 10 cm), coltello, spatola in metallo, vanghetta.

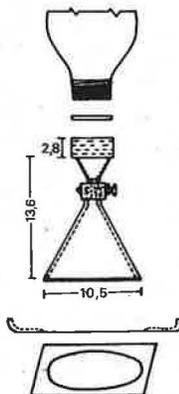


Fig. 2.1

#### 2.4.1.2 *Determinazioni preliminari di laboratorio*

##### 2.4.1.2.1 *Determinazione della densità della sabbia*

Si pesa al decimo di grammo il cilindro (A); si versa la sabbia nel cilindro facendola scorrere attraverso un imbuto a collo largo fino a riempirlo completamente. Si elimina l'eccesso di sabbia con una lama e si pesa al decimo di grammo il cilindro pieno (B).

La densità apparente della sabbia  $D_s$  sarà:

$$D_s = \frac{B - A}{V}$$

dove  $V$  è il volume del cilindro in  $\text{cm}^3$ .

Si ripete la determinazione 5 volte, si mediano i dati e si dà il valore definitivo con due cifre decimali.

##### 2.4.1.2.2 *Determinazione della costante del cono*

Si appoggia il cono direttamente su un piano levigato oppure sulla piastra di base a seconda di come si intende adoperarlo nella determinazione in campo. Si pesano 500 g di sabbia e si versano nell'imbuto superiore del cono. Si apre il rubinetto, si aspetta che la sabbia sia defluita riempiendo l'imbuto inferiore, si chiude il rubinetto, si raccoglie senza perdita la sabbia rimasta nell'imbuto superiore e si pesa al decimo di grammo: sia  $A$  il suo peso. La costante del cono  $K$  sarà:

$$K = 500 \cdot A$$

La costante deve essere determinata ogni volta che si cambia sabbia.

##### 2.4.1.2.3 *Preparazione dei lotti di sabbia*

In sacchetti di plastica numerati vengono versati circa 2 kg di sabbia e i sacchetti vengono chiusi accuratamente. Ogni sacchetto viene quindi pesato al decimo di grammo e serve per una determinazione.

##### 2.4.1.3 *Determinazione di campagna*

Si sceglie la postazione per determinare la densità; la superficie viene liberata dalla vegetazione e spianata quanto più possibile servendosi della vanghetta. Se si vuole usare la piastra di base, si adatta questa sulla superficie spianata; in caso contrario, si marca sul suolo il perimetro dell'appoggio del cono.

Nel foro della piastra oppure nel cerchio del perimetro del cono si scava una buca raccogliendo il suolo in un sacchetto di plastica e mettendo a parte eventuali elementi di scheletro. Si rimettono nella buca gli elementi dello scheletro, che così non verranno valutati né in peso né in volume; indi si poggia il cono sulla buca, si versa la sabbia nell'imbuto superiore del cono, si lascia defluire la sabbia e si recupera senza perdite quella rimasta nell'imbuto superiore versandola dal cono nello stesso sacchetto che viene chiuso e portato in laboratorio.

#### 2.4.1.4 *Determinazioni finali di laboratorio*

##### *a) Peso della sabbia che ha riempito la buca ( $P_s$ )*

Si pesa il sacchetto con la sabbia avanzata. Se il suo peso è  $P_a$  si avrà

$$P_s = P_i - K - P_a$$

$P_i$  = Peso iniziale del sacchetto di sabbia (2.4.1.2.3)

$K$  = Costante del cono (2.4.1.2.3).

##### *b) Peso del suolo secco in stufa*

Il suolo raccolto come in 2.4.1.3, si essicca a 105°C e si pesa.

#### 2.4.1.5 *Calcolo*

La densità apparente del suolo  $D_a$  sarà

$$D_a = \frac{P_t \cdot D_s}{P_s} \text{ (in g cm}^{-3}\text{)}$$

—  $P_t$  = peso di suolo secco in stufa (2.4.1.4 b)

—  $D_s$  = densità della sabbia (2.4.1.2.1)

—  $P_s$  = peso della sabbia che ha riempito la buca (2.4.1.4 a).

#### 2.4.2 *Metodo del campione indisturbato*

La densità apparente può essere determinata utilizzando un cilindro metallico, di volume noto, provvisto di coperchi mobili e con il bordo inferiore affilato.

##### 2.4.2.1 *Modo di procedere*

Si riempie il cilindro affondandolo gradatamente nel suolo. Si elimina il materiale terroso che sporge alle due estremità e si chiude il cilindro con i due coperchi. Si pesa e su un'aliquota di campione di suolo si determina l'umidità.

##### 2.4.2.2 *Calcolo*

La densità apparente è data da

$$D_a = \frac{P_1 - P - U}{V} \text{ (in g.cm}^{-3}\text{)}$$

$P_1$  = Peso del cilindro pieno

$P$  = peso del cilindro vuoto

$V$  = volume del cilindro

$U$  = quantità di acqua contenuta nel campione

---

## 2.5 VALUTAZIONE DELLA POROSITÀ

---

2.5.1

*Calcolo*

Se  $D_a$  è la densità apparente del suolo (2.4), e  $d_r$  è la densità reale (2.3) la porosità percentuale  $P$  è data da

$$P = 100 - \frac{D_a}{d_r} \cdot 100$$

---

## 2.6 ANALISI IDROLOGICHE

---

### 2.6.1 *Saturazione in acqua*

#### 2.6.1.1 *Modo di procedere*

##### 2.6.1.1.1 *Per mescolamento meccanico*

100-150 g (non pesati) di suolo secco all'aria e setacciato a 2 mm si ammucciano a forma di cono in una capsula di porcellana a fondo tondo di 13 cm di diametro.

Si aggiunge lentamente acqua deionizzata facendola scorrere tra la base del cono e la parete della capsula in modo che il campione si imbibisca. Si copre con un vetro e si lascia in riposo per una notte. Il giorno dopo si rimescola la pasta con una spatola di corno o di legno, e con piccole aggiunte di suolo o di acqua, si cerca di ottenere una pasta fluida, brillante, che scorra bene quando è presa con la spatola. La saturazione è superata quando si osserva la formazione di acqua libera in un solco praticato con la spatola e non è ancora raggiunta quando il solco stenta a chiudersi. Si preleva un campione di circa 10 g in pesafiltri tarato, si secca in stufa a 105°C per 16 ore e si ripesa. L'umidità percentuale rappresenta la saturazione in acqua.

##### 2.6.1.1.2 *Per imbibizione capillare*

Con sabbia fine e ben lavata si prepara un letto alto almeno 4 cm in un recipiente di 30 × 30 × 8 cm. La sabbia deve essere tenuta bene bagnata senza che l'acqua libera sovrasti la superficie. Con carta da filtro comune e con l'aiuto di una spillatrice si preparano contenitori di carta delle dimensioni di 4 × 4 × 2 cm che si riempiono di suolo secco all'aria e setacciato a 2 mm (30-50 g). Si mettono i contenitori così preparati sul letto di sabbia, si sorveglia che i campioni si siano imbibiti rifornendo di acqua il letto di sabbia se necessario, si copre la bacinella e si lascia fino al giorno dopo. Su un campione di suolo umido (circa 10 g) si determina l'umidità che, espressa in per cento, rappresenta la saturazione in acqua. Sul letto di sabbia si fanno imbibire anche eventuali campioni

indisturbati; in tal caso tra il campione e il letto di sabbia si interpone un foglio di carta da filtro facendo in modo che il contatto sia uniforme. Il campione deve avere uno spessore di circa 3 centimetri.

2.6.2 *Determinazione dell'umidità ai punti a potenziale matricale caratteristico*

2.6.2.1 *Generalità*

La determinazione si propone di ricavare, da un metodo di laboratorio, il contenuto in acqua che avrà il suolo portato alla capacità di campo (CC) o al punto di appassimento permanente (PA) adottando l'assunto che il potenziale matricale della soluzione del suolo alla capacità di campo vale:

a) per i suoli sabbiosi

0,1 atmosfere (10,13 KPa) corrispondente a pF 2,01

b) per i suoli a tessitura media e pesante

0,33 atmosfere (33,77 KPa) corrispondente a pF 2,54.

Al punto di appassimento, e per tutti i suoli, il potenziale della soluzione del suolo vale:

15 atmosfere (1519,9 KPa) corrispondente a pF 4,19.

La determinazione viene eseguita spostando l'acqua contenuta nel suolo con aria compressa e determinando l'umidità residua.

Si può rappresentare la funzione che lega l'umidità alla pressione applicata operando a valori diversi di pressione e riportando in ascissa le percentuali in peso di acqua e in ordinata i relativi valori della pressione (o del pF): la curva che si ottiene riproduce l'andamento della funzione per il suolo in esame.

2.6.2.2 *Apparecchiature*

— Apparecchio a pressione, venduto da ditte specializzate, a membrana o a piastra di Richards munito di valvole, tubi di gomma di raccordo e manometri di precisione a membrana e a liquido.

— Compressore a serbatoio capace di produrre aria compressa fino a 20 atm.

2.6.2.3 *Modo di procedere*

2.6.2.3.1 *Saturazione in acqua*

Se si opera su un campione indisturbato questo viene sagomato in modo da poter adattarsi negli anelli di gomma forniti con l'apparecchio e viene saturato con acqua per imbibizione capillare su letto di sabbia (2.6.1.1.2).

Se si opera su un campione disturbato si utilizza il suolo setacciato a 2 mm col quale si prepara la pasta satura (2.6.1.1.1).

2.6.2.3.2 *Equilibrio con aria compressa*

Si dispongono sulla piastra o sulla membrana dell'apparecchio previamente inumidite con acqua deionizzata, gli anelli di gomma contenenti il campione indisturbato oppure un'aliquota di pasta satura. Se si adopera la pasta satura conviene adattarla bene

nell'anello con una spatola, in modo da assicurare un buon contatto con la membrana e con le pareti dell'anello. Si chiude l'apparecchio stringendo bene i bulloni, si controlla che i tubi di gomma siano propriamente collegati, si applica la pressione prescelta e si lascia sotto pressione fino a che non esce più acqua dall'apposito orifizio.

#### 2.6.2.3.3 *Determinazione dell'umidità*

Si chiude l'afflusso di aria compressa e si lascia scaricare lentamente la pressione. Si apre quindi l'apparecchio e, prelevata la maggior parte del campione in pesafiltro tarato, si determina l'umidità.

#### 2.6.2.4 *Calcolo delle grandezze idrologiche*

Nella pratica interessa conoscere l'umidità alla capacità di campo e al punto di appassimento permanente riportando i risultati in metri cubi di acqua per ettaro e per la profondità di un centimetro ( $m^3 ha^{-1} cm^{-1}$ ). Queste grandezze possono essere calcolate se si conosce la densità apparente del suolo  $D_a$  (2.4). La capacità di campo CC sarà data da:

$$CC (m^3 ha^{-1} cm^{-1}) = P_{0,1} \cdot D_a$$

dove  $P_{0,1}$  è la percentuale di acqua trattenuta a 0,1 oppure 0,33 atmosfere (2.6.2.1).

Il punto di appassimento permanente ( $P_a$ ) sarà dato da:

$$P_a = (m^3 ha^{-1} cm^{-1}) = P_{15} \cdot D_a$$

dove  $P_{15}$  è la percentuale di acqua trattenuta a 15 atmosfere. La differenza  $CC - P_a$  rappresenta l'acqua disponibile.

#### 2.6.3 *Determinazione della velocità di infiltrazione*

##### 2.6.3.1 *Apparecchiature e materiali*

— Infiltrometro. L'apparecchio, venduto da Ditte specializzate, consta di due cilindri di diametro diverso e dei relativi serbatoi di alimentazione. Questi debbono essere muniti di un tappo a tenuta d'aria, di un regolatore di livello e di un sistema di misura dell'acqua erogata.

— Contaminuti atto a misurare esattamente il minuto primo.

— Vanghetta.

— Acqua. Per eseguire le prove si consiglia di servirsi dell'acqua che sarà adoperata nell'esercizio irriguo.

##### 2.6.3.2 *Modo di procedere*

Con la vanghetta si prepara una postazione liberando il suolo dalla vegetazione e spianando la superficie. Si dispongono il cilindro esterno ed il cilindro interno in modo che siano concentrici e si fanno penetrare nel suolo per alcuni centimetri.

Prima di iniziare la prova il suolo viene saturato con opportune

quantità di acqua versata nei due cilindri.

Si aprono i serbatoi e quando il sistema è a regime si legge il livello sull'asta graduata (tempo 0). Le letture successive si effettuano ad intervalli scelti in funzione della velocità di infiltrazione.

Se l'infiltrazione è rapida ( $>12 \text{ cm h}^{-1}$ ) conviene fare la lettura ogni 15 minuti, se l'infiltrazione è lenta ( $<2 \text{ cm h}^{-1}$ ) ogni 60 minuti; nei casi intermedi ci si regola di conseguenza.

### 2.6.3.3

#### *Calcolo*

Con i dati delle letture si calcolano le velocità di infiltrazione istantanee (espresse in  $\text{cm h}^{-1}$ ) e si riportano i valori in grafico in funzione del tempo, a partire dall'inizio della misura ( $t_0$ ). Si prende come misura della velocità di infiltrazione il valore ottenuto quando questa tende a stabilizzarsi nel tempo.

---

## SEZIONE 3: REAZIONE DEL SUOLO

---

### 3.1 pH

Quando un campione di suolo è messo a contatto con acqua o con una soluzione salina viene raggiunto un equilibrio tra gli ioni  $H^+$  presenti nella fase solida e in quella liquida. Il pH è determinato per via potenziometrica su sospensioni: 1) suolo-acqua. I valori così ottenuti non rispecchiano fedelmente il valore del pH in campo, ma sono indicativi della reazione del sistema. 2) suolo-soluzione di sali neutri. I valori ottenuti sono maggiormente correlati al grado di saturazione e alla natura del complesso di scambio.

### 3.2 Calcare totale

Esprime la totalità dei carbonati ( $CaCO_3$ ,  $MgCO_3$ ,  $NaCO_3$ ).

### 3.3 Calcare attivo

Rappresenta l'aliquota di calcare dotata di maggiore reattività in relazione alla sua struttura cristallina e al grado di suddivisione; è convenzionalmente dosata per trattamento a freddo con ammonio-ossalato.

### 3.4 Fabbisogno in calce

Rappresenta la quantità di calcare (o analogo materiale) in  $q\ ha^{-1}$  necessaria ad innalzare il pH del suolo a un valore stabilito. Si calcola sulla base del pH raggiunto da un campione di suolo posto a contatto con una soluzione tamponata a pH 7,5. Può essere altresì valutato approssimativamente dal tasso di saturazione basica che deve essere portato al 90-95% perché la reazione del suolo sia intorno alla neutralità.



---

## 3.1 DETERMINAZIONE DEL pH

---

### 3.1.1 *Apparecchiature e reattivi*

- pH-metro
- Potassio cloruro (KCl) soluzione 1 N (74,6 g/l).

### 3.1.2 *Modo di procedere*

Un campione di suolo setacciato a 2 mm si addiziona di acqua deionizzata o di soluzione salina nella proporzione 1 : 2,5.

Si agita meccanicamente per 15 minuti (oppure a mano frequentemente per 60 minuti). Si lascia in riposo 30 minuti e si misura il pH immergendo l'elettrodo a vetro nel sedimento e l'elettrodo a calomelano (o la giunzione salina nel caso di elettrodo combinato) nel liquido limpido. Nel caso di suoli torbosi può essere necessario utilizzare una maggiore quantità di liquido che in tal caso deve essere specificata.

---

## 3.2 DETERMINAZIONE DEL CALCARE

---

### 3.2.1 *Generalità*

I carbonati vengono decomposti per trattamento del suolo con acido cloridrico. Dal volume dell'anidride carbonica svolta si risale al contenuto in calcare.

### 3.2.2 *Apparecchiature e reattivi*

- Calcimetro
- Acido cloridrico (HCl d = 1,18) diluito 1 : 1.

### 3.2.3 *Modo di procedere*

Dei diversi tipi di apparecchi in commercio per la misura volumetrica della  $\text{CO}_2$  il più preciso è il calcimetro Dietrich Fruhling che permette di eseguire accurate correzioni rispetto alla temperatura (da 10 a 25°C) e alla pressione atmosferica (da 720 a 786 tor) a cui vengono effettuate le misure. Per la determinazione e per il calcolo si seguono le istruzioni date dal costruttore. Il risultato viene espresso come  $\text{CaCO}_3\%$ .

### 3.3 DETERMINAZIONE DEL CALCARE ATTIVO

#### 3.3.1 *Reattivi*

- Ammonio ossalato  $[(\text{NH}_4)_2 \text{C}_2\text{O}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}]$  soluzione 0,2 N (14,212 g/l)
- Potassio permanganato ( $\text{KMnO}_4$ ) soluzione 0,1 N (3,161 g/l)
- Acido solforico concentrato ( $\text{H}_2\text{SO}_4$   $d=1,84$ ) diluito 1 : 10
- Ammonio cloruro ( $\text{NH}_4\text{Cl}$ ) soluzione satura
- Alluminio solfato  $[\text{Al}_2 (\text{SO}_4)_3]$  soluzione al 50%
- Ammoniaca ( $\text{NH}_3$   $d=0,892$ ).

#### 3.3.2 *Modo di procedere*

Un campione del peso di 10,0 g si addiziona di 250 ml della soluzione di ossalato ammonico e si sottopone ad agitazione meccanica per 2 ore. Si filtra: 20 ml di filtrato si titolano a caldo (60-70°C) con permanganato potassico in presenza di acido solforico. Contemporaneamente si effettua una prova in bianco su 20 ml della soluzione di ossalato ammonico.

#### 3.3.3 *Calcolo*

Calcare attivo % =  $(A-B) \cdot N \cdot 50 \cdot 0,125$

A = ml  $\text{KMnO}_4$  usati nella prova in bianco

B = ml  $\text{KMnO}_4$  usati nella prova con il suolo

N = normalità  $\text{KMnO}_4$

50 = peso equivalente  $\text{CaCO}_3$ .

#### *Referenze:*

DRUINEAU (1942) - Annales Agronomiques 12 n.s., 441.

Nota: nei suoli molto umiferi l'estratto in ossalato è intensamente colorato, il che rende impossibile la valutazione del viraggio. È necessario quindi operare nel modo seguente: ai 20 ml di filtrato posti in un tubo da centrifuga si aggiungono 4 ml di cloruro di ammonio saturo, 2 ml di soluzione di solfato di alluminio e dopo agitazione, 4 ml di ammoniaca concentrata; si centrifuga per 5' a 3000 giri, si raccoglie il surnatante e si lava il residuo per 3 volte con acqua ammoniacale 10 : 1000 riscaldata a 60°C.

I decantati riuniti si titolano come descritto in precedenza.

#### *Referenze:*

Metodo Druineau modificato da Gehu-Frank (1959) Bulletin de la Société Botanique de France 106, 209.

### 3.4 DETERMINAZIONE DEL FABBISOGNO IN CALCE

#### 3.4.1 *Reattivi*

— Soluzione tampone: p. nitrofenolo ( $C_6H_4OHNO_2$ ) g 8; trietanolammina  $[(CH_2OHCH_2)_3N]$  g 2,5; potassio cromato ( $K_2CrO_4$ ) g 3,0; calcio acetato  $[(CH_3COO)_2Ca \cdot 2H_2O]$  g 2; calcio cloruro ( $CaCl_2 \cdot 2H_2O$ ) g 40.

Sciogliere i reagenti in circa 800 ml di acqua deionizzata, portare a pH 7,5 con acido cloridrico diluito oppure idrossido di sodio e diluire a 1 litro.

#### 3.4.2 *Modo di procedere*

Un campione di 10 g di suolo secco all'aria è posto in un provetto e addizionato di 20 ml di soluzione tampone; si agita per 10 minuti, si lascia sedimentare e si misura il pH del liquido sovrastante.

Il fabbisogno in calce si ricava dalla tabella 3.1.

#### *Referenze:*

SCHOEMAKER e altri (1961) Soil Science Society of America Proceedings 25, 274.  
HESSE P.R. (1971) «A textbook of chemical Analysis» ed. Y. Murray, 43.

Tabella 3.1 — *Fabbisogno in calce per portare il pH del suolo ai valori indicati in funzione del pH della sospensione suolo-tampone. I valori sono espressi in  $CaCO_3$  puro per  $3 \cdot 10^6$  kg di suolo.*

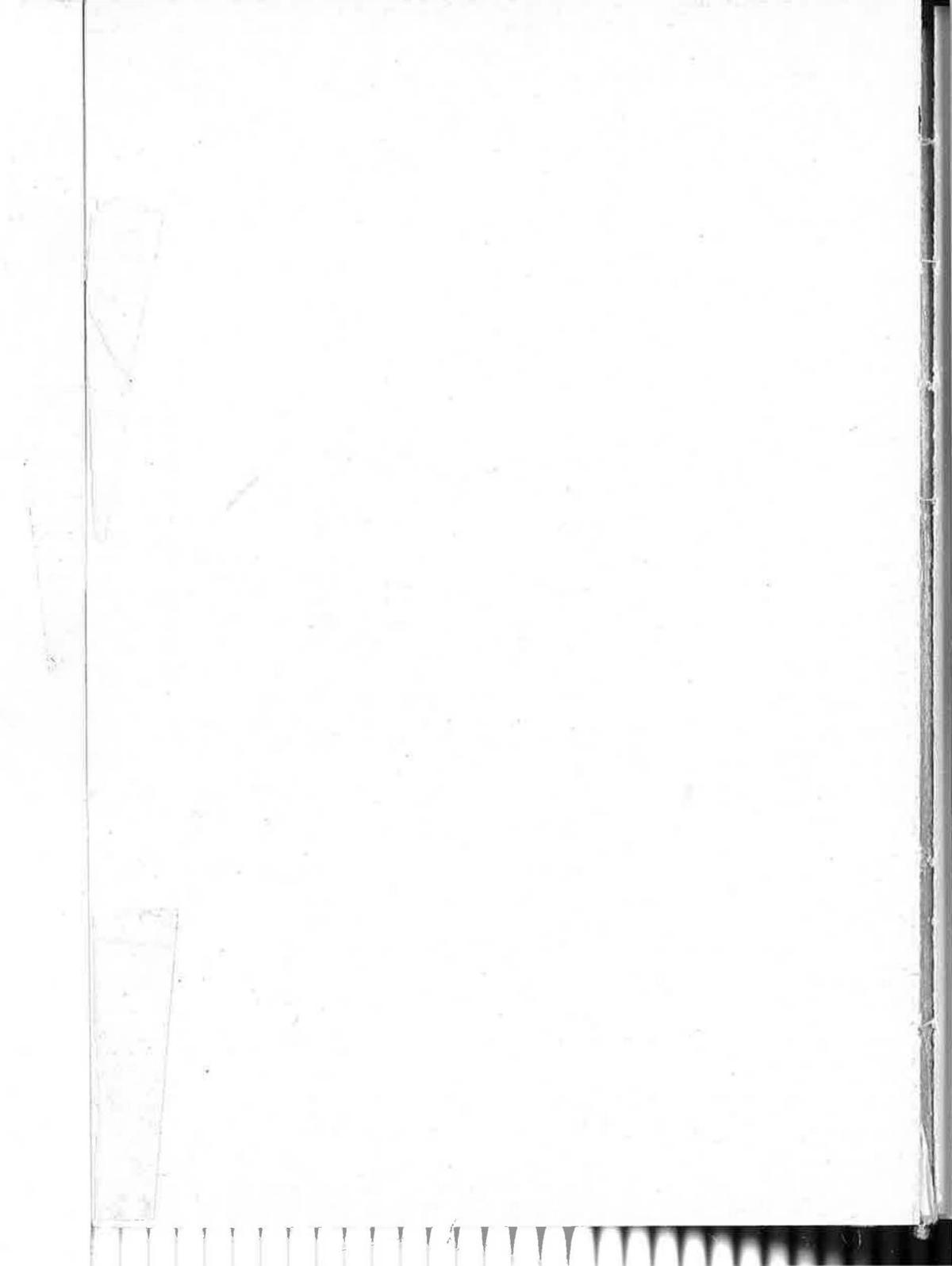
pH della sospensione	Fabbisogno in calce in $q$ $ha^{-1}$ per portare a		
	pH 6,8	pH 6,4	pH 6,0
6.7	4,6	4,0	3,3
6.6	6,3	5,6	4,6
6.5	8,3	7,3	6,0
6.4	10,2	8,9	7,6
6.3	12,2	10,6	8,9
6.2	13,9	12,2	10,2
6.1	15,9	13,9	11,6
6.0	17,9	15,5	12,9
5.9	19,9	17,2	14,6
5.8	21,5	18,8	15,9
5.7	23,5	20,5	17,2
5.6	25,5	22,2	18,5
5.5	27,4	23,8	19,8
5.4	29,4	25,5	21,5

*Segue*

*Segue*

pH della sospensione	Fabbisogno in calce in $q \text{ ha}^{-1}$ per portare a		
	pH 6,8	pH 6,4	pH 6,0
5,3	31,1	27,1	22,8
5,2	33,1	28,4	24,5
5,1	35,0	30,1	25,8
5,0	37,0	31,7	27,1
4,9	39,0	33,4	28,4
4,8	41,0	35,0	30,1





---

## SEZIONE 4: COMPLESSO DI SCAMBIO

---

### **4.1 Capacità di scambio cationico (CSC)**

Rappresenta la quantità massima di cationi che il suolo può assorbire e scambiare se trattato con la soluzione di un catione in concentrazione opportuna.

Viene espressa in millequivalenti e riferita a 100 g di suolo.

Per i suoli basici, la CSC è uguale alla somma delle basi scambiabili; per i suoli acidi, insaturi, la CSC è uguale alla somma dei cationi basici più gli ioni idrogeno e alluminio scambiabili.

La determinazione può essere effettuata impiegando:

#### **4.1.1**

una soluzione salina a pH 7 che sposta dal complesso di scambio le basi, gli ioni alluminio, nonché gli ioni idrogeno legati ai siti di carica permanente;

#### **4.1.2**

una soluzione salina tamponata a pH 8,1 che consente il passaggio in soluzione anche degli ioni  $H^+$  dei gruppi acidi debolmente dissociati.

### **4.2 Basi di scambio**

Si determinano generalmente per spettrofotometria AA, nelle soluzioni ottenute in 4.1.1 e in 4.1.2.

### **4.3 Acidità del complesso di scambio**

A seconda delle condizioni in cui si effettua lo scambio, si ottengono valori diversi di acidità che convenzionalmente vengono indicati come segue.

#### **4.3.1 Acidità complessiva**

Si determina per titolazione della soluzione ottenuta in 4.1.2.

#### **4.3.2 Acidità di scambio**

Si determina per titolazione della soluzione ottenuta trattando il suolo con una soluzione di un sale non idrolizzabile. Nella stessa soluzione si possono determinare sia gli ioni idrogeno che gli ioni alluminio.

#### **4.4 Fabbisogno in gesso**

I suoli contenenti sodio in misura superiore al 15% della CSC necessitano di una correzione che migliori le loro condizioni strutturali. Il correttivo più usato è il gesso, di cui può essere valutato il fabbisogno.

---

## 4.1 DETERMINAZIONE DELLA CAPACITÀ DI SCAMBIO CATIONICO (CSC)

---

### 4.1.1 *Determinazione con acetato ammonico (pH 7)*

#### 4.1.1.1 *Generalità*

Lo scambio tra suolo e soluzione scambiante viene effettuato prima per agitazione e successivamente per lisciviazione. Si elimina l'eccesso della soluzione di acetato ammonico con ripetuti lavaggi con alcool etilico. Si procede quindi alla determinazione dell'ammonio assorbito per distillazione sec. Kjeldahl operando direttamente sul terreno oppure su una aliquota della soluzione ottenuta lisciviando il suolo-NH<sub>4</sub> con una soluzione di sodio cloruro.

#### 4.1.1.2 *Reattivi*

— ammonio acetato (NH<sub>4</sub>C<sub>2</sub>H<sub>3</sub>O<sub>2</sub>) soluzione 1 N. In un pallone tarato da 1000 ml si mescolano 68 ml di idrato ammonico (NH<sub>4</sub>OH d = 0.90) e 57 ml di acido acetico (CH<sub>3</sub>COOH) al 99.5%. Si raffredda, si porta a volume e si aggiusta il pH a 7 con acido acetico oppure con ammoniaca.

— Etanolo 95%.

— Reattivo di Nessler. In un pallone da 100 ml si sciolgono in acqua deionizzata 13 g di ioduro mercurico (HgI<sub>2</sub>) e 16 g di ioduro potassico (KI). Si porta a volume con acqua. La soluzione si mescola quindi con un equal volume di soluzione di soda (NaOH) al 20%.

#### 4.1.1.3 *Modo di procedere*

A 25 g di suolo secco all'aria setacciato a 2 mm posti in una beuta da 250 ml si aggiungono da 35 a 50 ml della soluzione di acetato. Si tappa la beuta, si agita per alcuni minuti e si lascia a sé per una notte. Si trasferisce il contenuto della beuta in un imbuto di Buchner coperto con un filtro umido di carta Wathman n = 42. Si filtra, applicando, se necessario, una blanda aspirazione. Si lava quindi con 200 ml della soluzione di acetato ammonico, aggiungendo piccole porzioni per volta in modo che la lisciviazione richieda almeno un'ora; la soluzione trasferita in un pallone tarato, potrà

essere utilizzata per la determinazione delle basi di scambio. Al suolo saturato con  $\text{NH}_4$  rimasto sul Buchner si aggiunge a piccole porzioni etanolo al 95% fino a reazione negativa del reattivo di Nessler.

#### 4.1.1.3.1 *Distillazione diretta dell'ammonio assorbito*

##### 4.1.1.3.1.1 *Reattivi*

- Sodio cloruro ( $\text{NaCl}$ ) solido
- Miscela antischiuma. Si mescolano a parti uguali olio di vaselina e alcol n. oetilico
- Sodio idrato ( $\text{NaOH}$ ) soluzione 1 N (40 g/l)
- Acido cloridrico ( $\text{HCl}$ ) soluzione 0,2 N. 200 ml di acido cloridrico 1 N si portano a 1000 ml
- Acido borico ( $\text{H}_3\text{BO}_3$ ) soluzione 4%
- Zinco granulare
- Indicatore misto. Si sciolgono 0,1 g di rosso metile e 0,2 g di verde bromocresolo in 100 ml di etanolo.

##### 4.1.1.3.1.2 *Modo di procedere*

Si trasferisce il suolo (compreso il filtro) ottenuto in 4.1.1.3 in un pallone da Kjeldahl. Si aggiungono 400 ml di  $\text{H}_2\text{O}$  deionizzata e circa 10 g di  $\text{NaCl}$ , 5 gocce di miscela antischiuma, 1 o 2 g di zinco granulare e 40 ml di sodio idrato 1 N. Si collega il pallone col refrigerante e si distilla raccogliendo in 50 ml di acido borico. Al distillato si aggiungono 10 gocce di indicatore misto, e si titola con acido cloridrico 0,2 N fino a comparsa del colore purpureo.

##### 4.1.1.3.1.3 *Calcolo*

$$\text{Capacità di scambio (meq/100 g)} = \frac{m \cdot N \cdot 100}{P}$$

P = peso del suolo

m = millilitri della soluzione di acido cloridrico usati nella titolazione

N = normalità della soluzione di acido cloridrico.

##### 4.1.1.3.2 *Spostamento e distillazione dell'ammonio assorbito - scala semi-micro*

##### 4.1.1.3.2.1 *Reattivi*

- Sodio cloruro ( $\text{NaCl}$ ). Soluzione 10% acidificata. 100 g di sodio cloruro purissimo, privo di ammoniaca si sciolgono in 750 ml di acqua calda: si aggiungono 25 ml di acido cloridrico 2 N e si porta al volume di un litro.
- Sodio idrato ( $\text{NaOH}$ ) soluzione 1 N (40 g/l)
- Acido borico ( $\text{H}_3\text{BO}_3$ ) 2%
- Acido solforico ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ) soluzione 0,01 N - 10 ml di acido solforico 1 N, prelevati con buretta si portano a 1000 ml.
- Etanolo 95%
- Indicatore misto. Si sciolgono 0,1 g di rosso metile e 0,2 g di verde bromocresolo in 100 ml di etanolo.

#### 4.1.1.3.2.2 *Modo di procedere*

Si lava il suolo ottenuto in 4.1.1.3 con piccole porzioni della soluzione di sodio cloruro lasciando defluire completamente il liquido ogni volta. Complessivamente si usano 240 ml di soluzione. Il percolato raccolto in palloncino tarato da 250 ml si porta a volume. Se ne preleva un'aliquota in un micro Kjeldahl, si inserisce il vapore e si aggiungono lentamente 10 ml della soluzione di soda 1 N. Si raccoglie il distillato in una beuta contenente 10 ml di acido borico. Al termine della distillazione si aggiungono 3 gocce di indicatore e si titola con acido solforico 0.01 N, fino a color rosso, usando un bianco per confronto.

#### 4.1.1.3.2.3 *Calcolo*

$$\text{Capacità di scambio (meq/100 g)} = \frac{m \cdot N \cdot n}{P \cdot A}$$

P = peso del suolo

m = millilitri della soluzione di acido solforico usati nella titolazione

N = normalità della soluzione di acido solforico

n = millilitri di percolato

A = millilitri dell'aliquota prelevata

#### *Referenze:*

1972 - Soil Survey Laboratory Methods and Procedures for collectiong Soil Samples (Soil Survey Investigations Report n. 1).

#### 4.1.2 *Determinazione con cloruro di bario e trietanolamina (pH 8.1)*

##### 4.1.2.1 *Generalità*

Lo scambio tra suolo e soluzione scambiante viene effettuato per agitazione. Il Ba-suolo ottenuto viene quindi trattato con una soluzione di solfato di magnesio: in tal modo una parte del magnesio scambia tutto il bario adsorbito, perché la formazione di solfato di bario insolubile sposta l'equilibrio di scambio.

Nella soluzione si determina il magnesio residuo e per differenza si ottiene il magnesio che ha spostato il bario e che eguaglia la capacità di scambio cationico. Il metodo si adatta a tutti i suoli.

##### 4.1.2.2 *Reattivi*

— Bario cloruro ( $\text{BaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ) soluzione al 10% a pH 8.1. Si sciolgono 100 g di cloruro di bario in matraccio tarato da 1000 ml contenente 700 ml di acqua deionizzata, si aggiungono 22,5 ml di trietanolamina, si porta a pH  $8,1 \pm 0,1$  con acido cloridrico N (ne occorrono ca 100 ml) e si completa il volume.

— Magnesio solfato ( $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ ) soluzione 0,1 N (12,324 g/l).

— Sale bisodico dell'acido etilendiamminotetracetico (EDTA) soluzione 0,05 N (9,305 g/l).

— Ammonio acetato ( $\text{CH}_3\text{COONH}_4$ ) soluzione N. In matraccio da 1000 ml si pongono 700 ml di  $\text{H}_2\text{O}$  deionizzata, 57 ml di acido

acetico glaciale e 75 ml di ammoniaca concentrata ( $d = 0.91$ ). Si porta a segno e si aggiusta il pH a 7.

— Soluzione tampone a pH 10. Si sciolgono 54 g di ammonio cloruro ( $\text{NH}_4\text{Cl}$ ) in 500 ml di  $\text{H}_2\text{O}$  deionizzata in matraccio tarato da 1000, si aggiungono 350 ml di ammoniaca ( $d = 0,91$ ) e si porta a volume.

— Indicatore. In mortaio di porcellana si omogenizzano 20 g di sodio cloruro solido con 0,2 g di sale sodico dell'acido 1-1 idrossi-2-naftilazo-6-nitro-2-naftol-4-solfonico (nero eriocromo T).

#### 4.1.2.3

##### *Modo di procedere*

Si pongono in tubo da centrifuga 2,000 g di campione (macinato a 0,5 mm) (1,000 g se il suolo è argilloso). Si tiene conto del peso del tubo + suolo (A).

Si aggiungono con una pipetta 25 ml di soluzione di cloruro di bario, si chiude il tubo con un tappo di gomma e si agita per 3 minuti; si lascia in riposo per 5 minuti e quindi si agita nuovamente per 3 minuti. Si centrifuga e si raccoglie il liquido limpido che viene conservato per la determinazione dell'acidità (4.3.1) e delle basi di scambio (4.2.2). Se il suolo è argilloso si ripete il trattamento altre due volte unendo il liquido al precedente.

Si lava con 25 ml di acqua deionizzata, si centrifuga, si scarta l'acqua e si pesa di nuovo il tubo (B). La differenza B-A rappresenta l'acqua trattenuta dal suolo di cui si deve tenere conto nel calcolo. Si aggiungono quindi 25 ml della soluzione di solfato di magnesio prelevati con pipetta, si chiude il tubo con tappo di gomma, si disperde accuratamente il suolo, si agita a mano e si centrifuga. Si prelevano con una pipetta 10 ml del liquido limpido (senza disturbare il sedimento) e si portano in una beuta da 250 ml, si aggiungono 100 ml di acqua distillata, 10 ml della soluzione tampone ed una punta di spatola di indicatore.

Si titola con la soluzione di EDTA 0,05 N fino a colore azzurro. Contemporaneamente si effettua una prova in bianco titolando 10 ml, prelevati con pipetta, della soluzione di solfato di magnesio.

#### 4.1.2.4

##### *Calcolo*

$$\text{Capacità di scambio (meq/100 g)} = \frac{1}{P} \times \left( 250 - \frac{n}{m} 10 (25 + B - A) \right)$$

P = peso del suolo

n e m = millilitri di EDTA 0,05 N impiegati, rispettivamente, nella determinazione e nella prova in bianco

B-A = peso dell'acqua trattenuta dal suolo.

##### *Referenze:*

CECCONI S., POLESSELLO A. (1956) - Annali sperimentazione agraria X, 127.

Nota: per suoli gessosi, calcarei e ricchi di sali di magnesio è opportuno far precedere alla determinazione ripetuti trattamenti con soluzioni di acetato ammonico di cui al 4.1.2.

---

## 4.2 DETERMINAZIONE DELLE BASI DI SCAMBIO

---



### 4.2.1 *Scambio con ammonio acetato*

#### 4.2.1.1 *Modo di procedere*

Si opera sulla soluzione ottenuta in 4.1.1.3. Calcio e magnesio si dosano per spettrofotometria AA Sodio e potassio con la stessa apparecchiatura ma in emissione. È opportuno che gli standard contengano ammonio acetato nella stessa proporzione della soluzione in esame. I risultati vengono espressi in meq/100 g.

### 4.2.2 *Scambio con bario cloruro*

#### 4.2.2.1 *Modo di procedere*

Si opera sulla soluzione ottenuta in 4.1.2.3. Calcio e magnesio si dosano per spettrofotometria AA, sodio e potassio con la stessa apparecchiatura ma in emissione. È necessario che gli standard contengano bario nella stessa proporzione della soluzione in esame. Per la misura del calcio e del magnesio la presenza di bario rende inutile l'aggiunta di lantanio a meno che la diluizione superi 1:100.

I risultati vengono espressi in meq/100 g.

Nota: Nel caso di suoli contenenti sali solubili in quantità  $> 2$  meq/100 g deve essere effettuata una correzione in quanto i sali solubili sono presenti nella soluzione assieme alle basi di scambio. Pertanto al valore ottenuto per ogni catione deve essere sottratto quello determinato nell'estratto acquoso (8.3.1). Nel caso dei terreni calcarei, la somma Ca + Mg deve essere calcolata per differenza tra la CSC (4.1) e la somma di Na e K scambiabili.

### 4.2.3 *Calcolo del grado di saturazione basica*

$$SB \text{ (saturazione basica)} = \frac{S}{T} \cdot 100$$

S = somma di Na, K, Ca, Mg, espressi in meq/100 g

T = capacità di scambio espressa in meq/100 g

---

## 4.3 DETERMINAZIONE DELL'ACIDITÀ

---

### *Generalità*

Si sottopongono a questa determinazione i suoli insaturi che mostrano un pH in KCl (3.1) inferiore a 6,5.

#### 4.3.1 *Determinazione dell'acidità complessiva*

##### 4.3.1.1 *Reattivi*

— Acido cloridrico (HCl) soluzione 0,05 N. 50 ml di acido cloridrico N, prelevati con buretta, si portano a 1000 ml.

— Indicatore misto verde di bromocresolo-rosso metile: in 100 ml di alcool a 95° si sciolgono g 0,1 di rosso metile e g 0,2 di verde bromocresolo.

##### 4.3.1.2 *Modo di procedere*

Si prelevano 10 ml della soluzione limpida messa da parte in 4.1.2.3 e si versano in una beuta da 250 ml, si diluiscono a circa 100 ml con acqua deionizzata e si aggiungono di alcune gocce di indicatore. Si titola con acido cloridrico 0,05 N fino a colorazione rosa. Si effettua una seconda titolazione su 10 ml della soluzione di bario cloruro a pH 8,1 (4.1.2.2).

##### 4.3.1.3 *Calcolo*

$$\text{Acidità complessiva (meq/100 g)} = \frac{12.5 (m - n)}{P}$$

P = peso del suolo

m e n = millilitri di acido cloridrico 0,05 N impiegati, rispettivamente, nella prova in bianco e nella determinazione.

#### 4.3.2 *Determinazione dell'acidità di scambio*

##### 4.3.2.1 *Reattivi*

— Potassio cloruro (KCl) soluzione 1 N circa (75,0 g/l)

— Sodio idrato (NaOH) soluzione 0,05 N (2,0 g/l)

- Acido cloridrico (HCl) soluzione 0,05 N (4.3.1.1)
- Sodio fluoruro (NaF) soluzione 1 N circa (42 g/l)
- Fenoltaleina (1% in alcol etilico 96%).

#### 4.3.2.2 *Modo di procedere*

In un tubo da centrifuga si pesano 5,00 g di campione; si aggiungono 20 ml di soluzione di cloruro potassico 1 N, si chiude col tappo di gomma e si agita per 4 minuti a mano. Si centrifuga raccogliendo il liquido in una beuta da 200 ml. Al sedimento si aggiungono 20 ml di soluzione di cloruro potassico, si chiude col tappo di gomma, si provoca la dispersione del suolo e si agita per 1 minuto; si centrifuga e si aggiunge il liquido limpido al precedente. Si ripete l'operazione una terza volta. Se il suolo è argilloso si consiglia di eseguire fino a 4 e anche 5 estrazioni.

#### 4.3.2.3 *Titolazione dell'acidità di scambio*

I liquidi raccolti, dopo aver aggiunto due gocce di fenoltaleina, vengono titolati con idrossido di sodio 0,05 N. Durante la titolazione precipita l'ossido idrato di alluminio che può assorbire l'indicatore; in tal caso si perfeziona il viraggio aggiungendo due gocce di indicatore verso la fine della titolazione.

#### 4.3.2.4 *Titolazione dell'alluminio di scambio*

Al liquido della titolazione precedente si aggiungono 10 ml della soluzione di fluoruro sodico. Si titola con acido cloridrico 0,05 N finché il colore rosa scompare e la soluzione resta incolore per due minuti.

#### 4.3.2.5 *Calcolo*

Si siano consumati A ml nella titolazione con idrossido di sodio 0,05 N e B ml nella titolazione con acido cloridrico 0,05 N. Avremo:

$$\begin{aligned} \text{Acidità di scambio} & \quad (\text{meq}/100 \text{ g}) = A \\ \text{Alluminio di scambio} & \quad (\text{meq}/100 \text{ g}) = B \\ \text{Idrogeno di scambio} & \quad (\text{meq}/100 \text{ g}) = A - B \end{aligned}$$

A = ml di NaOH 0,5 N usati in 4.3.2.3

B = ml di HCl 0,05 N usati in 4.3.2.4

Nota: Nel caso di suoli particolarmente ricchi di acidità solubile è opportuno procedere alla sua determinazione titolando la soluzione ottenuta come in 4.1.2.1 ma in assenza di cloruro di bario.

I valori ottenuti devono essere sottratti dall'acidità complessiva (4.3.1) per ottenere quella realmente presente nel complesso di scambio.

---

## 4.4 DETERMINAZIONE DEL FABBISOGNO IN GESSO

---

### 4.4.1 *Generalità*

Il metodo consiste nel trattare il suolo con un eccesso di solfato di calcio e nel misurare la quantità di calcio che il terreno ha trattenuto.

### 4.4.2 *Reattivi*

— Calcio solfato soluzione satura. Si agitano 5 g di  $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  con un litro di acqua deionizzata per almeno un'ora, si lascia in riposo per una notte e si filtra. La concentrazione in calcio deve essere contenuta tra 28 e 30 meq/litro.

— Sale bisodico dell'acido etilendiamminotetracetico (EDTA) soluzione 0,05 N (9,305 g/l)

— Potassio idrato (KOH) 8 N circa (45 g/100 ml)

— Indicatore acido calconcarbonico: si mescolano in mortaio 100 g di solfato di sodio anidro ed 1 g di acido 2-idrossi-(2-idrossi-4-sulfo-1 naftilazo)-3 naftoico (acido calconcarbonico). Si conserva in flacone scuro.

### 4.4.3 *Modo di procedere*

5,0 g di campione si pongono in beuta da 200 ml e si aggiungono 100 ml di soluzione satura di solfato di calcio. Si tappa e si agita meccanicamente per 30 minuti; quindi si filtra raccogliendo il filtrato in un'altra beuta da 200.

Su 20 ml del liquido filtrato si procede alla determinazione del Ca per titolazione con EDTA 0,05 N in presenza di 5 ml di idrossido di potassio 8 N e di indicatore calconcarbonico.

### 4.4.4 *Calcolo*

Fabbisogno in gesso ( $\text{Kg ha}^{-1}$ ) = 5160 (A-B)

A e B = ml di EDTA 0,05 N usati, rispettivamente, nella prova in bianco e nella determinazione.

Il peso di un ettaro di suolo (25 cm di profondità) è considerato pari a 3000 tonnellate.

---

## SEZIONE 5: FRAZIONE MINERALE

---

### **5.1 Contenuto totale dei principali elementi minerali**

La determinazione ha lo scopo di valutare le riserve sia a breve che a lungo termine dei singoli elementi.

#### **5.1.1 Fosforo**

**5.1.2 Sodio, potassio, calcio, magnesio, ferro, alluminio, manganese, silicio, rame, zinco, molibdeno, nichel, cobalto, cromo, cadmio, piombo, mercurio, selenio, arsenico**

### **5.2 Frazionamento del ferro e dell'alluminio**

Viene utilizzato prevalentemente in indagini pedologiche.

#### **5.2.1 Estrazione con ditionito-citrato bicarbonato**

Il metodo permette di determinare il ferro e l'alluminio cosiddetti liberi, presenti sotto forma di ossidi sia amorfi che cristallini, oltre ad una parte delle frazioni legate alla sostanza organica.

#### **5.2.2 Estrazione con ossalato di ammonio acido**

Il metodo permette di determinare gli ossidi amorfi di ferro e di alluminio e, contemporaneamente, i complessi Fe-sostanza organica e Al-sostanza organica.

**5.2.3 Estrazione con  
pirofosfato di sodio 0,1  
M**

Il metodo permette di determinare ferro e alluminio complessati dalla sostanza organica.

---

## 5.1 DETERMINAZIONE DEGLI ELEMENTI TOTALI

---

### 5.1.1 *Fosforo.*

#### 5.1.1.1 *Generalità*

L'attacco solforico-perclorico si presta particolarmente al dosaggio del fosforo totale in quanto offre condizioni ottimali per la formazione e la misura spettrofotometrica del complesso bleu che si ottiene per riduzione a freddo con acido ascorbico (in presenza di potassio-antimonil tartrato) dell'acido fosfomolibdico formantesi per reazione tra acido fosforico e molibdato ammonico in ambiente acido.

#### 5.1.1.2 *Reattivi*

- Acido solforico concentrato ( $H_2SO_4$   $d = 1,84$ )
- Acido perclorico ( $HClO_4$  al 70%  $d = 1,68$ ) soluzione al 60% circa: a 1 litro di acido si aggiungono 280 ml di acqua deionizzata.
- Acido solforico 8 N circa: 225 ml di acido concentrato si versano con cautela in circa 600 ml di acqua deionizzata. Si raffredda e si porta a 1 litro.
- Soluzione di molibdato ammonico e potassio-antimonil tartrato: si sciolgono 14,4 g di  $(NH_4)_6 Mo_7O_{24} \cdot 4H_2O$  in 500 ml di acqua deionizzata scaldando leggermente; a parte si sciolgono 0,5 g di K (SbO)  $C_4H_4O_6 \cdot 1/2 H_2O$  in 100 ml di acqua deionizzata. Si uniscono le due soluzioni e si porta il volume a 1 litro. La soluzione si conserva in bottiglia di pyrex al buio.
- Acido ascorbico: 1,6 g di acido si sciolgono in 100 ml di acqua deionizzata.
- Soluzione standard di fosfato: si sciolgono 1,1493 g di fosfato sodico biidrato ( $Na_2HPO_4 \cdot 2H_2O$ ) portando il volume a 1000 ml. La soluzione contiene 200 mg/litro di fosforo.
- Soluzione standard diluita: 20 ml della soluzione precedente vengono diluiti a 1000 ml. La soluzione contiene 4 mg/litro di fosforo.

#### 5.1.1.3 *Curva di taratura e determinazione del fattore analitico*

Si impiega la soluzione standard diluita di cui si prelevano 0, 5, 10, 20, 25 ml in altrettanti matracci da 100 diluendo a circa 70 ml. Si aggiungono, agitando dopo ogni aggiunta, 5 ml di acido solforico 8

N, 5 ml di soluzione molibdica e 5 ml di acido ascorbico. Si porta a volume e dopo 15 minuti di riposo a freddo si legge l'estinzione a 650 nm. Il fattore analitico (A) si ottiene da:

$$A = \frac{CS}{E}$$

C = concentrazione di P (mg in 100 ml)

S = spessore della vaschetta (in cm)

E = estinzione

Se i 5 fattori concordano alla seconda cifra decimale, A sarà uguale alla loro media.

#### 5.1.1.4 *Modo di procedere*

1,000 g di campione, macinato a 0,5 mm, viene posto in pallone Kjeldahl da 300 ml; si aggiungono 12,5 ml di acido solforico concentrato e 2 ml di acido perclorico al 60%. Si riscalda a fiamma diretta (se il liquido dovesse schiumeggiare si lascia a digerire) fino a distruzione della sostanza organica in modo da ottenere un liquido incolore o debolmente colorato ed un residuo biancastro. Se il liquido stenta a decolorarsi (suoli ricchi di sostanza organica) si raffredda, si aggiungono cautamente 2 ml di acido perclorico e si riscalda di nuovo all'ebollizione. Terminato l'attacco, si aggiungono con cautela 50 ml circa di acqua deionizzata e si porta all'ebollizione. Si travasa il liquido per decantazione in un matraccio tarato da 250 ml nel quale si aggiungono anche le acque ottenute da un lavaggio a fondo del residuo, effettuato sempre per decantazione. Si porta a segno, si agita, si lascia decantare e si prelevano con pipetta 25 ml della soluzione che si portano in matraccio tarato da 100. Si diluisce a circa 80 ml, si aggiungono, agitando bene, 5 ml di soluzione molibdica e 5 ml di acido ascorbico. Si porta a volume e dopo 15 minuti di riposo a freddo si misura l'estinzione a 650 nm contro la prova in bianco dei reattivi.

Per i suoli ricchi di fosforo totale è opportuno effettuare la determinazione colorimetrica su 10 ml di soluzione; in questo caso è necessario aggiungere 3,3 ml di acido solforico 8 N in modo da riportare la concentrazione in acido a quella della prova condotta con 25 ml.

#### 5.1.1.5 *Calcolo*

Se si sono prelevati 25 ml di soluzione si avrà:

$$\text{fosforo totale (P\%)} = \frac{AE}{S}$$

A = fattore analitico

E = estinzione

S = spessore della vaschetta

Se si sono prelevati 10 ml di soluzione si avrà:

$$\text{fosforo totale (P\%)} = \frac{AE}{S} \cdot 2,5$$

*Referenze:*

WATANABE F.S., OLSEN S.R. (1965) - SSSP, 1.

Nota: È necessario rispettare le quantità e le concentrazioni su indicate poiché la formazione del bleu fosfomolibdico è completa solo quando siano osservate le seguenti condizioni:

$\text{MoO}_3 = 0,60 \text{ mg/ml}$ ;  $\text{H}_2\text{SO}_4 = 0,40 \text{ me/ml}$ ; acido ascorbico = 0,80 mg/ml

Ferrari C. (1955) Ann. sper. Agr. IX.

5.1.2 *Altri elementi*

5.1.2.1 *Attacco nitrico-fluoridrico sotto pressione*

5.1.2.1.1 *Generalità*

Il metodo, che comporta l'uso di autoclavi in teflon appositamente costruite, consta di tre fasi: a- eliminazione della sostanza organica mediante calcinazione, b- attacco nitrico-fluoridrico a caldo sotto pressione, c- determinazione dei singoli elementi mediante spettrofotometria AA

Con questo metodo si possono dosare: Na, K, Ca, Mg, Fe, Zn, Mn, Cr, Cu, Mo, Ni, Co. Se si vogliono determinare elementi volatili quali Cd, Pb, Hg, Se, As, è necessario eliminare la calcinazione per evitare perdite; in tal caso, per campioni ricchi di sostanza organica, può essere necessario allungare i tempi dell'attacco acido.

5.1.2.1.2 *Reattivi*

- Acido fluoridrico concentrato (HF d = 1,16)
- Acido nitrico concentrato ( $\text{HNO}_3$  d = 1,38)
- Acido cloridrico concentrato (HCl d = 1,18)
- Potassio pirofosfato ( $\text{K}_4\text{P}_2\text{O}_7$ ) solido.

5.1.2.1.3 *Modo di procedere*

Si pesano 0,200 g di campione macinato a 0,5 mm, si pongono in capsula di quarzo e si calcinano per 6 ore a 450°C. Si trasferiscono quindi nelle autoclavi e si aggiungono di 2 ml di una miscela acido fluoridrico: acido nitrico (5:1).

Il contenitore di teflon, chiuso ermeticamente, è posto in stufa a 150°C per 6 ore. Dopo raffreddamento, si riprende il residuo con acido cloridrico diluito 1:1 e si travasa in matraccio di plastica di volume scelto in funzione dell'elemento da determinare e della sua concentrazione nel suolo. Nella soluzione ottenuta si determinano tutti gli elementi sopra elencati mediante spettrofotometria AA.

I dati sono espressi in parti per cento, per mille o per milione a seconda dell'elemento.

*Referenze:*

HESSE P.R. (1971) *A textbook of soil chemical analysis*. Ed. Murray.

5.1.2.2 *Attacco solforico-fluoridrico*

5.1.2.2.1 *Generalità*

Il metodo, analogo a quello descritto in 5.1.2.1, non comporta l'uso

di autoclavi ma di capsule di platino. Permette la determinazione di: Ca, Mg, Fe, Zn, Mn, Cu, Ni, Co.

#### 5.1.2.2.2 *Reattivi*

- Acido fluoridrico concentrato (HF d = 1,16)
- Acido solforico concentrato ( $H_2SO_4$  d = 1,84)
- Acido cloridrico concentrato (HCl d = 1,18)
- Potassio pirofosfato ( $K_4P_2O_7$ ) solido.

#### 5.1.2.2.3 *Modo di procedere*

Si pesano 0,500 g di campione macinato a 0,5 mm, si pongono in capsula di quarzo e si calcinano per 6 ore a 450°C. Si trasferiscono quindi in capsula di platino e si aggiungono di 5 ml di acido fluoridrico concentrato e di 5 ml di acido solforico diluito 1:4. Si pone la capsula su bagno maria bollente per 1 ora e successivamente in stufa a 120°C per un'altra ora. Dopo raffreddamento si riprende più volte con acido cloridrico diluito 1:1 eventualmente scaldano e si travasa per decantazione in matraccio di plastica di volume scelto in funzione dell'elemento da determinare e della sua concentrazione nel suolo. Al residuo, che contiene parte dell'alluminio e del titanio presenti e tracce di ferro, si aggiunge 1 g di potassio pirofosfato, si riscalda su fiamma fino a fusione mantenendo la massa allo stato fuso per 1-2 minuti. Si riprende più volte con acido cloridrico diluito 1:1 trasferendo il liquido nel matraccio contenente la soluzione ottenuta precedentemente. Si dosano quindi i vari elementi mediante spettrofotometria AA. I dati sono espressi in parti per cento, per mille o per milione a seconda dell'elemento.

#### *Referenze:*

JEFFERY P.G. *Chemical methods of rock analysis* (1970) Ed. Pergamon Press, 39.

#### 5.1.2.3 *Fusione alcalina*

##### 5.1.2.3.1 *Generalità*

La fusione alcalina, che si effettua in presenza di carbonato sodico e potassico o di carbonato sodico, è adoperata per il dosaggio del Si e dell'Al o quando si voglia portare in soluzione la totalità di elementi quali Fe, Ca, Mg.

##### 5.1.2.3.2 *Reattivi*

- Miscela di fusione ( $Na_2CO_3 - K_2CO_3$ )
- Sodio carbonato ( $Na_2CO_3$ ) solido
- Acido cloridrico concentrato (HCl d = 1,18)
- Acido solforico concentrato ( $H_2SO_4$  d = 1,84)
- Acido fluoridrico concentrato (HF d = 1,16)
- Potassio pirofosfato ( $K_4P_2O_7$ ) solido.

##### 5.1.2.3.3 *Modo di procedere*

In un crogiolo di platino si mescolano 0,500 g di campione macinato a 0,5 mm con 3-5 g di carbonato sodico o di miscela di fusione.

Si scalda lentamente su bunsen fino a fusione avendo cura di evitare un eccessivo schiumeggiamento. L'operazione è terminata quando cessa lo sviluppo di gas. Si stacca la massa fusa ponendo il crogiolo in una capsula contenete circa 100 ml di acqua deionizzata, 10 ml di acido cloridrico concentrato. Si toglie il crogiolo lavandolo accuratamente e si evapora a secco. Si riprende con acido cloridrico diluito 1:1 caldo (50°C) e si filtra in matraccio da 500 ml. Si calcina il filtro in crogiolo di platino e si pesa (P<sub>1</sub>), si aggiungono poche gocce di acqua deionizzata, 1 goccia di acido solforico concentrato e 2 o 3 ml di acido fluoridrico. Si evapora a secco, si calcina e si pesa (P<sub>2</sub>). Se il residuo è in quantità apprezzabile si fonde con una piccola quantità di pirofosfato potassico, si riprende con acqua acidulata e si unisce al filtrato precedente portando infine a volume.

Nel filtrato si possono dosare: Al, Fe, Ca, Mg, per spettrofotometria AA

La differenza tra P<sub>1</sub> e P<sub>2</sub> è rappresentata dal Silicio.

I dati sono espressi in per cento o per mille.

*Referenze:*

HESSE P.R. (1971) *A textbook of soil chemical analysis*, Ed. Murray, 377.

#### 5.1.2.4 Estrazione con acqua regia

##### 5.1.2.4.1 Generalità

Il metodo permette la determinazione di: Na, K, Ca, Mg, Fe, Al, Cu, Zn, Cd, Mo. Elementi volatili quali Hg e As possono essere ugualmente valutati purché si usi un refrigerante a ricadere.

##### 5.1.2.4.2 Reattivi

- Acido cloridrico concentrato (HCl d = 1,18)
- Acido nitrico concentrato (HNO<sub>3</sub> d = 1,38)
- Acido nitrico 2 M circa: 150 ml di acido concentrato portati a 1000 ml.

##### 5.1.2.4.3 Modo di procedere

Si pesano 1,000 g di campione macinato a 0,5 mm e si pongono in pallone da 100 ml. Si aggiunge poca acqua deionizzata (2-3 ml) per rendere più fluido il campione. Si aggiungono quindi 7,5 ml di acido cloridrico concentrato e 2,5 ml di acido nitrico concentrato (per ogni grammo di campione impiegato). Si copre il pallone e si lascia a sé per una notte a temperatura ambiente (almeno 12 ore).

Si bolle cautamente per 2 ore dopo aver applicato un ricadere. Si lascia raffreddare fino a temperatura ambiente. Si lava il ricadere con acqua che viene raccolta nel pallone (non usare più di 30 ml). Si rimuove il ricadere. La soluzione viene quindi filtrata attraverso un filtro di carta resistente all'acido e raccolta in un matraccio tarato da 100 ml (Il filtro deve essere scelto così da avere un filtrato limpido).

Si lavano filtro e residuo con pochi ml di acido nitrico 2 M caldo (50°C) per 5 volte. Si lascia raffreddare e si porta a volume con acido nitrico 2 M.

Nella soluzione i vari elementi sono dosati per spettrofotometria AA.

I dati vengono espressi in per cento o in parti per milione.

*Referenze:*

COTTENIE A., KIEKENS L.-F.A.O. *European Cooperative network on trace elements*.

## 5.2 FRAZIONAMENTO DEL FERRO E DELL'ALLUMINIO

### 5.2.1 Estrazione con ditionito-citrato-bicarbonato

#### 5.2.1.1 Generalità

Il ditionito di sodio agisce come riducente del Fe (III), il citrato come complessante del Fe (II), del Fe (III) e dell'Al; il bicarbonato infine tampona la soluzione.

#### 5.2.1.2 Reattivi

- Citrato di sodio ( $\text{Na}_3\text{C}_6\text{H}_5\text{O}_7 \cdot \text{H}_2\text{O}$ ) soluzione 0,3 M (88 g/l)
- Sodio bicarbonato ( $\text{NaHCO}_3$ ) soluzione 1 N (84 g/l)
- Sodio ditionito ( $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_4$ ) solido
- Sodio cloruro ( $\text{NaCl}$ ) soluzione satura
- Acetone

#### 5.2.1.3 Modo di procedere

Si pesano 1,000 g di campione macinato a 0,5 mm e si pongono in un tubo da centrifuga da 25 ml. Si aggiungono 10 ml di citrato sodico 0,3 M e 1 ml di bicarbonato sodico 1 N. Si scalda su bagno maria fino a  $80 \pm 5^\circ\text{C}$ , e quindi si aggiungono 0,2 g di ditionito sodico. Si agita per 1 minuto e poi saltuariamente fino a 15 minuti complessivi. Si aggiungono 2 ml di soluzione satura di cloruro di sodio e, se la sospensione tarda a flocculare, 2 ml di acetone. Si agita, eventualmente si scalda per accelerare la flocculazione e si centrifuga per 5-10 minuti (3000 giri/min). Si decanta il liquido in un matraccio da 100 ml e si ripete 2 volte il trattamento. Si lava 1-2 volte con la soluzione di citrato di sodio, decantando sempre nel medesimo matraccio, quindi si porta a volume. Durante tutta l'operazione il campione non deve mai essiccare.

Nella soluzione si determinano ferro e alluminio per spettrofotometria AA. Per l'alluminio è necessario eseguire la determinazione immediatamente, così da evitare perdite dovute alla precipitazione di allumino-silicati.

I dati sono espressi come Fe o  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  e Al o  $\text{Al}_2\text{O}_3$  per cento.

#### Referenze:

MEHRA O.P., JACKSON M.L. (1960) *National Conference Clay and Clay Minerals* 7, 317.

5.2.2 *Estrazione con ossalato di ammonio acido*

5.2.2.1 *Generalità*

L'ossalato di ammonio portato a pH 3 con acido ossalico, complessa il ferro e l'alluminio degli ossidi e ossidi idrati amorfi. L'alta stabilità dei complessi Fe-ossalato e Al-ossalato fa sì che il reattivo agisca anche su Fe e Al legati alla sostanza organica.

5.2.2.2 *Reattivi*

— Ammonio ossalato  $[(\text{NH}_4)_2\text{C}_2\text{O}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}]$  soluzione 0,2 M a pH 3: 16,1 g di ossalato ammonico e 10,9 g di acido ossalico si sciolgono in 900 ml di acqua deionizzata. Si controlla il pH e si porta a 1000 ml.

5.2.2.3 *Modo di procedere*

Si pesano 0,500 g di campione macinato a 0,5 mm e si pongono in bottiglia di plastica da 50 ml; si aggiungono quindi 20 ml di ossalato ammonico 0,2 M a pH 3. La bottiglia è posta orizzontalmente in una scatola che viene chiusa per mantenere il campione al buio. Si agita meccanicamente per 4 ore, si centrifuga, si decanta e nella soluzione si determinano ferro e alluminio per spettrofotometria AA.

I dati sono espressi come Fe o  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  e Al o  $\text{Al}_2\text{O}_3$  per cento.

*Referenze:*

SCHWERTMANN U. (1964) *Zeitschrift Pflanzenernahrung Dungung Bodenkunde* 105, 194.

5.2.3 *Estrazione con pirofosfato di sodio*

5.2.3.1 *Generalità*

Il ferro e l'alluminio, legati alla sostanza organica con legame covalente o parzialmente polare, sono estratti dal pirofosfato sodico 0,1 M.

5.2.3.2 *Reattivi*

— Sodio pirofosfato ( $\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ ) soluzione 0,1 M (44,6 g/l).

5.2.3.3 *Modo di procedere*

Si pesano 1,000 g di campione macinato a 0,5 mm e si pongono in bottiglia di plastica aggiungendoli di 100 ml di pirofosfato sodico 0,1 M. Si agita per 16 ore a temperatura ambiente, si centrifuga a 415 g, si decanta e nella soluzione si determinano Fe e Al per spettrofotometria A A.

I dati sono espressi come Fe o  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  e Al o  $\text{Al}_2\text{O}_3$  per cento.

*Referenze:*

BASCOMB C.L. (1968) *Journal of Soil Science* 19, 251.



---

## SEZIONE 6: FRAZIONE ORGANICA

---

### 6.1 Carbonio organico

La determinazione è effettuata per ossidazione in condizioni standardizzate. Dal dosaggio sono esclusi il carbonio inorganico e il carbonio contenuto in composti ad alta condensazione.

### 6.2 Azoto totale

La determinazione consta di due fasi:

1) Mineralizzazione dell'azoto organico ad azoto ammoniacale con acido solforico concentrato all'ebollizione in presenza di catalizzatore.

2) Dosaggio dello ione  $\text{NH}_4^+$  a) per distillazione e successiva titolazione; b) con elettrodo specifico.

Dal dosaggio sono esclusi i composti contenenti legami N-N e N-O (es.  $\text{NO}_2^-$ ,  $\text{NO}_3^-$ , azo-nitroso e nitro-composti, ossime, pirazoloni), per altro presenti nel suolo in quantità trascurabili. I nitrati possono essere dosati a parte su un estratto acquoso del suolo, per colorimetria o con elettrodo specifico.

Il periodo di digestione sufficientemente lungo permette di valutare anche l' $\text{NH}_4^+$  fissato dalle argille.

### 6.3 Fosforo organico

Si determina mediante estrazione con HCl concentrato di due aliquote di suolo di cui una previamente trattata a 240' C.

1875

1875

## 6.1 DETERMINAZIONE DEL CARBONIO ORGANICO



### 6.1.1

#### *Generalità*

L'ossidazione viene eseguita con dicromato potassico in presenza di acido solforico concentrato alla temperatura che si raggiunge in conseguenza della brusca diluizione dell'acido solforico; la reazione viene interrotta diluendo con acqua dopo un tempo stabilito; il dicromato che non ha reagito viene titolato con una soluzione di ferro ferroso. Nel calcolo si introduce un fattore empirico (0,77) che tiene conto della frazione realmente ossidata nelle condizioni sperimentali adottate. Considerando un contenuto medio in carbonio della sostanza organica pari al 58 per cento, si introduce un secondo fattore (1,72) per trasformare il carbonio organico in sostanza organica.

### 6.1.2

#### *Reattivi*

- Potassio dicromato ( $K_2Cr_2O_7$ ) soluzione 1,000 N (49,053 g/l)
- Ferro ammonio solfato [sale di Mohr:  $Fe(NH_4)_2(SO_4)_2 \cdot 6H_2O$ ] soluzione 0,5 N, 196,02 di sale di Mohr e 15 ml acido solforico concentrato per litro. Il titolo della soluzione non è stabile e va determinato per ogni serie di analisi.
- Soluzione di difenilammina solforica. In 50 ml di acido solforico concentrato si sciolgono 0,5 g di difenilammina.
- Acido solforico concentrato ( $H_2SO_4$  d = 1,84)
- Acido fosforico concentrato ( $H_3PO_4$  d = 1,69).

### 6.1.3

#### *Modo di procedere*

In una beuta da 500 ml si pone 1,000 g di campione setacciato a 0,5 mm; si useranno 0,500 g nel caso di suoli contenenti più del 3% di sostanza organica; 2,000 g nel caso di suoli contenenti meno dell'1% di sostanza organica; per i suoli torbosi saranno impiegate aliquote inferiori tenendo presente che alla fine della reazione almeno 3 ml di dicromato debbono risultare in eccesso. Si aggiungono 10 ml di dicromato potassico misurati esattamente, si agita cautamente, si aggiungono quindi 20 ml di acido solforico

concentrato. Si agita nuovamente evitando che le particelle di suolo aderiscano alle pareti, si copre con un vetro da orologio e si lascia in riposo per 30 minuti esatti alla fine dei quali si interrompe la reazione aggiungendo 200 ml circa di acqua deionizzata. Si aggiungono 5 ml di acido fosforico, 0,5 ml di indicatore difenilammina e si titola con la soluzione di ferro (II) fino al viraggio dal blu al verde.

Contemporaneamente si esegue una prova in bianco con 10 ml di dicromato, 20 ml di acido solforico, 5 ml di acido fosforico e 200 ml di acqua distillata.

Nota: come indicatore si può utilizzare anche la ferroina (1,485 g di 1-10 fenantrolin-cloruro monoidrato e 0,695 g di  $\text{FeSO}_4$  in 100 ml). In questo caso non si aggiunge acido fosforico

#### 6.1.4

#### Calcolo

$$C \text{ organico } \% = (S - T) \frac{10}{S} \cdot \frac{0.003}{0.77} \cdot \frac{100}{P}$$

S e T = ml di soluzione di Fe (II) usati, rispettivamente, per la prova in bianco e per la determinazione.

P = peso del suolo

0.003 = millequivalente del carbonio

$$\text{Sostanza organica } \% = C \text{ organico } \% \cdot 1.72.$$

Nota: i risultati sono inesatti in presenza di ossidi superiori di manganese, di composti ferrosi e di cloruri. I primi sono di solito in quantità trascurabile, i secondi si ossidano durante l'essiccamento all'aria; per i cloruri occorre operare in uno dei seguenti modi:

a) se il contenuto in  $\text{Cl}^-$  è inferiore allo 0,2%, si aggiunge qualche cristallo di solfato di argento (o di solfato di mercurio) prima dei reattivi e si continua come al 6.1.3.

b) se il contenuto in  $\text{Cl}^-$  è superiore allo 0,2%, dopo la diluizione con 200 ml di acqua e prima dell'aggiunta dell'acido fosforico, si fa bollire la soluzione per 2 minuti, si raffredda e si procede come al 6.1.3.

Si determina la percentuale in cloruri per altra via e si applica la correzione seguente:

carbonio organico (in g/100 g) = carbonio determinato - 0,11  $\text{Cl}^-$

sostanza organica (in g/100 g) = sostanza organica determinata - 0,189  $\text{Cl}^-$

dove  $\text{Cl}^-$  rappresenta la concentrazione in ione cloruro espressa in g/100 g di suolo.

#### Referenze:

JACKSON M.L. (1958) *Soil chemical analysis* ed. Prentice-Hall, 219.

---

## 6.2 DETERMINAZIONE DELL'AZOTO TOTALE

---

### 6.2.1

#### *Generalità*

Il metodo descritto è quello di Kjeldhal adattato per determinazioni su scala semimicro.

La mineralizzazione viene effettuata con acido solforico concentrato bollente, previa aggiunta di sostanze che facilitano l'ossidazione della sostanza organica e precisamente solfato di potassio, che eleva la temperatura di ebollizione dell'acido, e una miscela di selenio e solfato di rame in funzione di catalizzatore. Dopo la mineralizzazione, la soluzione contenente l'azoto come ione ammonico è resa alcalina e quindi sottoposta a distillazione. L'ammoniacca che distilla è raccolta quantitativamente su una soluzione diluita di acido borico e titolata con acido solforico. Alternativamente l'azoto ammoniacale può essere dosato direttamente sul mineralizzato mediante elettrodo specifico.

### 6.2.2

#### *Apparecchiature e reattivi*

— Pallone Kjeldhal da 300 ml, fornello per palloni Kjeldhal con collettore dei fumi e dispositivo per la loro eliminazione, apparecchio di Parnas Wagner per distillazione in corrente di vapore.

Oppure apparecchi oggi in commercio consistenti in due unità: 1) digestore a 4-8 posti completo di tubi in pirex per la mineralizzazione, collegati a un sistema di aspirazione e di forno a raggi infrarossi; 2) apparecchio di distillazione semiautomatico o automatico.

— Potenzziometro ed elettrodo specifico per ammoniacca

— Acido solforico concentrato ( $H_2SO_4$   $d = 1,84$ )

— Sodio idrato concentrato (NaOH soluz. al 40%)

— Catalizzatore. In mortaio di porcellana si macinano 100 parti di  $K_2SO_4$  con 10 parti di  $CuSO_4$  e 5 parti di  $SeO_2$  (si trovano in commercio miscele già preparate)

— Acido solforico ( $H_2SO_4$ ) soluzione N/28; 35,7 ml di soluzione 0,1 N esatta, prelevati con buretta, si portano a 100 ml in matraccio tarato.

— Indicatore: in 100 ml di alcol 96% si sciolgono 0,1 g di rosso metile e 0,2 g di verde bromocresolo.

- Acido borico ( $H_3BO_3$ ) soluzione all'1%.
- Sodio idrato (NaOH) soluzione 2,5 N (100 g/l).

### 6.2.3 *Modo di procedere*

#### 6.2.3.1 *Mineralizzazione*

La quantità di campione è scelta in relazione all'apparecchiatura disponibile e varia da 500 a 2000 mg. L'acido solforico viene aggiunto nella proporzione di 10 ml/g di campione e il catalizzatore nella quantità di 0,2 g/ml di  $H_2SO_4$  impiegato.

Il campione, posto nel pallone Kjeldahl o nel tubo del digestore, viene addizionato della quantità opportuna di acido e di catalizzatore e portato all'ebollizione. La mineralizzazione viene condotta fino a che il liquido sia limpido e proseguita ancora per 1 ora. Senza attendere il completo raffreddamento, si procederà quindi alla distillazione.

#### 6.2.3.1.1 *Dosaggio dell'azoto ammoniacale per distillazione e titolazione*

La distillazione viene condotta in corrente di vapore sul digerito previamente diluito 1:1 e quindi alcalinizzato con NaOH al 40% (circa 3 ml di NaOH/ml di  $H_2SO_4$  impiegato). Si distilla per circa 5 minuti raccogliendo il distillato su 10 ml di soluzione di acido borico all'1% contenente 2 gocce di indicatore. Dopo aver controllato che tutta l'ammoniaca sia distillata, la soluzione raccolta è titolata con acido solforico N/28.

#### 6.2.3.1.2 *Calcolo*

$$N \text{ tot } \% = \frac{0,5 \cdot A \cdot 100}{P}$$

0,5 = mg di N corrispondenti a 1 ml di  $H_2SO_4$  N/28

A = ml di  $H_2SO_4$  N/28 consumati nella titolazione

P = peso del suolo.

#### *Referenze:*

BREMNER, J.M. (1960) J. AGRIC. Sci. 55, 11.

BREMNER J.M. (1965) *Methods of Soil Analysis* - vol. 2 Am. Soc. Agr. Madison 1149.

NELSON, D.W., SOMMERS, L.E. (1972) J. Environ. Qual. 1, 423.

GOH, K.M. (1972) J. Sci. Food Agric. 23, 275.

#### 6.2.3.1.3 *Dosaggio dell'azoto ammoniacale con elettrodo specifico*

La soluzione dopo mineralizzazione deve avere un volume finale di 100 ml ed una concentrazione di  $N-NH_4$  di circa 0,01 mg/l.

Aliquote di 10 ml del mineralizzato sono poste in becker da 150 ml contenenti una barretta magnetica ricoperta di teflon. Si aggiungono 80 ml di acqua deionizzata mantenendo i becker sull'agitatore magnetico, e quindi 10 ml di NaOH 2.5 N; immediatamente si immerge l'elettrodo nella soluzione.

Dopo un minuto dall'aggiunta della soda si effettua la lettura (la concentrazione finale di  $N-NH_4$  dovrebbe essere nell'intervallo 0,1

÷ 1 µg/ml). La concentrazione della soluzione in esame viene valutata mediante una curva di taratura ottenuta operando su aliquote di 10 ml di soluzione contenenti da 1 a 10 µg di N-NH<sub>4</sub> cui si aggiungono 80 ml di H<sub>2</sub>O e 10 ml di NaOH 2.5 N. Un controllo può essere effettuato utilizzando 10 ml del mineralizzato addizionato di 75 ml di H<sub>2</sub>O, 5 ml di una soluzione contenente 10 µg/ml di N-NH<sub>4</sub> e 10 ml di NaOH 2.5 N.

*Referenze:*

BREMNER, J.M. e TABATABAI N.A. (1972) *Communication in Soil Science and Plant Analysis* 3, 159.

---

## 6.3 DETERMINAZIONE DEL FOSFORO ORGANICO

---

### 6.3.1 *Generalità*

Il metodo consiste nella estrazione con acido cloridrico concentrato di due porzioni omogenee e corrispondenti dello stesso campione di terreno, la prima trattata e la seconda non trattata a 240°C. Sull'estratto si misura il contenuto di fosforo inorganico e la differenza di contenuto fra il campione trattato termicamente e quello non trattato rappresenta il tenore di fosforo organico nel terreno.

### 6.3.2 *Reattivi*

- Acido cloridrico concentrato (HCl d = 1,18)
- Acido cloridrico (HCl) soluzione 0,5 N (43 ml di acido concentrato portati a 1000 ml)
- Ammonio idrato (NH<sub>4</sub>OH) soluzione 6 N [385 ml di ammoniaca concentrata (d = 0,89) si portano a 1000 ml].
- Soluzione acquosa di para-nitrofenolo allo 0,5%
- Soluzione di molibdato. Si sciolgono in matraccio da 1000 ml 10 g di ammonio molibdato [(NH<sub>4</sub>)<sub>6</sub> Mo<sub>7</sub>O<sub>24</sub> · 4H<sub>2</sub>O], 125 ml di H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> concentrato, 0,5 g di potassio antimonitratrato [K (SbO)C<sub>4</sub>H<sub>4</sub>O<sub>6</sub> 1/2 H<sub>2</sub>O] e si porta a volume con H<sub>2</sub>O distillata.
- Reattivo molibdico. Si sciolgono 1,5 g di acido ascorbico in 100 ml di soluzione di molibdato. La soluzione è instabile e deve essere preparata giornalmente.

### 6.3.3 *Modo di procedere*

Si pesano 0,500 g di campione macinato a 0,5 mm in piccola capsula di porcellana e si pone il tutto per un'ora in muffola preriscaldata a 240°C avendo l'accortezza di disporre sul piano della muffola una sottile lamina di amianto. Dopo raffreddamento si trasferisce quantitativamente il campione in tubo da centrifuga da 50 ml. In un altro tubo da centrifuga si pone una quantità corrispondente di campione non trattato. Alle due frazioni di campione si aggiungono 5 ml di acido cloridrico concentrato e si riscalda il tutto per 10 minuti in bagno termostatico a 70°C. Si aggiunge una ulteriore aliquota di 5 ml di acido cloridrico concentrato e si lascia

reagire per 1 ora a temperatura ambiente. Evitare di lasciare a riposo per lungo tempo l'estratto cloridrico del campione non trattato termicamente onde ovviare alla possibile e graduale idrolisi dei fosfati organici. Si aggiungono 25 ml di acqua, si agita, si centrifuga e si travasa la soluzione limpida in matraccio tarato da 100 ml, si lava il residuo una volta aggiungendo le acque di lavaggio alla soluzione e si porta a volume con acqua deionizzata. Si trasferiscono da 2 a 10 ml di soluzione, a seconda del contenuto di fosforo, in matraccio tarato da 50 ml, si aggiungono 2 gocce di soluzione di para-nitrofenolo e si aggiunge idrossido di ammonio 6 N fino a neutralità (comparsa di colore giallo). Si ripristinano condizioni acide mediante aggiunta di alcune gocce di acido cloridrico 0,5 N (scomparsa del colore giallo), si diluisce con acqua distillata e si aggiungono 5 ml di reattivo molibdicco. Si porta a volume, si agita, si lascia a riposo per 15 minuti e si legge allo spettrofotometro alla lunghezza d'onda di 650 nm.

Il contenuto di fosforo dei campioni in esame viene ricavato da una curva di taratura riferita a concentrazioni finali pari a 0-0,2-0,4-0,6-0,8-1,0 ppm di P, e ottenuta secondo le modalità sperimentali previste dal metodo, prelevando opportune aliquote della soluzione standard (5.1.1.3).

La differenza tra il contenuto percentuale di fosforo nel campione trattato termicamente e quello del campione non trattato dà il tenore percentuale di fosforo organico

$P \text{ organico } \% = P \% \text{ campione trattato} - P \% \text{ campione non trattato}$ .

*Referenze:*

LEGG J.O. and BLACK C.A. (1955). *Soil Science Society of American Proceedings* 19, 139.



100

100

---

## SEZIONE 7: FRAZIONE ASSIMILABILE DI ELEMENTI NUTRITIVI E/O INQUINANTI

---

### 7.1 Calcio, magnesio, potassio, sodio

Si considerano assimilabili le aliquote presenti sul complesso di scambio, dosate secondo il metodo descritto in 4.2.

### 7.2 Fosforo

Si considerano assimilabili la frazione fosfatica solubile in acqua e quella adsorbita sui colloidali tramite cationi polivalenti. L'estrazione di tali frazioni dovrebbe effettuarsi con reagenti diversi in condizioni diverse, a seconda dei vari tipi di suolo.

La tendenza attuale è, peraltro, quella di utilizzare una unica metodica. In tutti i casi il dosaggio del fosforo nell'estratto viene effettuato per colorimetria.

### 7.3 Ferro, rame, zinco, manganese, cobalto, selenio, cadmio, cromo, piombo, nichel, mercurio

Tutti questi elementi sono presenti nel suolo in forma cationica, prevalentemente legata alla frazione organica. Per ognuno di essi sono stati elaborati metodi di estrazione specifici: la tendenza attuale è peraltro di utilizzare un unico estraente che solubilizzi la frazione scambiabile e quella più mobile associata alla sostanza organica. Il dosaggio di tutti gli elementi è effettuato per spettrofotometria AA.

### 7.4 Boro

Si considera assimilabile il boro estratto con l'acqua all'ebollizione in un tempo convenzionale (5').

### 7.5 Molibdeno

La presenza nel terreno di quantità molto basse dell'elemento e l'influenza delle caratteristiche chimiche del suolo sulla sua disponibilità, rendono la scelta dell'estraente alquanto problematica. Tra i vari metodi disponibili, quello che impiega il reattivo di Grigg si è dimostrato il più valido. Il dosaggio viene effettuato in spettrofotometria AA con il fornetto di grafite.



---

## 7.2 DETERMINAZIONE DEL FOSFORO ASSIMILABILE

---

### 7.2.1 *Metodo Olsen*

Il metodo *Olsen* consiste nell'estrazione del fosforo mediante sodio bicarbonato 0,5 M tamponato a pH 8,5. È applicabile sia ai suoli calcarei che a quelli acidi e neutri. Nei primi lo ione bicarbonico agisce abbassando l'attività degli ioni calcio (precipitazione di  $\text{CaCO}_3$ ) e provocando di conseguenza la solubilizzazione di una parte del fosfato di calcio; nei suoli neutri e acidi il pH tamponato a 8,5 evita la solubilizzazione di quantità eccessive del fosfato legato al ferro e all'alluminio e le precipitazioni secondarie che avverrebbero a pH più elevati. Il metodo è risultato nettamente correlato con il fosforo assimilato dai vegetali e con il fosforo di superficie determinabile con il metodo della diluizione isotopica.

Nell'estratto il fosforo si dosa per spettrofotometria del complesso blu ottenuto per riduzione dell'acido fosfomolibdico. Il procedimento originale (*Olsen e altri, 1954*) prevedeva lo sviluppo a caldo del colore e l'aggiunta di carbone attivo alla sospensione terreno/bicarbonato per eliminare il colore dell'estratto dovuto alla parziale dissoluzione della sostanza organica. Modifiche elaborate successivamente (*Watanabe e altri, 1965*) hanno portato allo sviluppo a freddo della reazione colorimetrica e resa non necessaria l'aggiunta di carbone attivo.

### 7.2.2 *Reattivi*

- Sodio idrato ( $\text{NaOH}$ ) soluzione 5 N (200 g/l)
- Soluzione estraente: in 10 l di acqua distillata si sciolgono 420 g di sodio bicarbonato ( $\text{NaHCO}_3$ ), si aggiunge sodio idrato ( $\text{NaOH}$ ) 5 N (circa 16 ml) fino a portare la soluzione a pH 8,5  $\pm$  0,1.

Per lo sviluppo del colore:

- acido solforico ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ) soluzione 5 N (141 ml  $\text{H}_2\text{SO}_4$  concentrato/l)
- acido solforico ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ) soluzione 2 N (56,5 ml  $\text{H}_2\text{SO}_4$  concentrato/l)
- acido solforico concentrato ( $\text{H}_2\text{SO}_4$   $d = 1,84$ )

— Soluzione A: 8 g di molibdato ammonico  $[(NH_4)_6Mo_7O_{24} \cdot 4H_2O]$  si sciolgono in 250 ml circa di acqua deionizzata. In 100 ml circa di acqua deionizzata si sciolgono 0,25 g di potassio antimonil-tartrato  $[K(SbO)C_4H_4O_6 \cdot 1/2H_2O]$ . Le soluzioni si addizionano a 800 ml di acido solforico 5 N contenuto in matraccio da 2000 ml, si mescola accuratamente e si porta a volume con acqua deionizzata (conservare in bottiglia di pirex al buio).

— Soluzione B: 1 g di acido ascorbico si scioglie in 250 ml di soluzione A. La soluzione è stabile per 24 ore.

### 7.2.3

#### Modo di procedere

Si pongono 5,00 g di suolo secco all'aria in una bottiglia di polietilene da 125 ml (o in tubo da centrifuga) insieme a 100 ml di soluzione estraente. Si agita su agitatore meccanico per 30 minuti e si centrifuga per 5 minuti (3000 g/min). Si prelevano 50 ml di estratto limpido e si trasferiscono in pallone tarato da 100 ml aggiungendo lentamente 12 ml di acido solforico 2 N per portare il pH a  $5 \pm 0,1$ . Si aggiunge una goccia di alcol ottileico e si agita per facilitare lo svolgimento della  $CO_2$ . Si aggiungono 18 ml di acqua deionizzata e 20 ml della soluzione B per lo sviluppo del colore. Si porta a volume, si agita con cautela e si misura a 650 nm dopo aver lasciato riposare a freddo per 15'. Le misure debbono essere effettuate entro 2 ore.

### 7.2.4

#### Calcolo

$$P \text{ assimilabile (ppm)} = 400 \cdot A \frac{E}{S}$$

A = fattore analitico (5.1.1.3)

E = estinzione

S = spessore della vaschetta in cm

Per esprimere il risultato come  $P_2O_5$  moltiplicare per 2,29.

#### Referenze:

OLSEN S.R., COLE C.V., WATANABE F.S., DEAN L.A. (1954) U.S.D.A. Circ. 939.  
WATANABE F.S., OLSEN S.R. (1965) SSSP, 1.

---

## 7.3 DETERMINAZIONE DI FERRO, RAME, ZINCO MANGANESE, COBALTO, SELENIO, CADMIO, CROMO, NICHEL, PIOMBO, MERCURIO ASSIMILABILI

---

### 7.3.1 *Generalità*

Il metodo consiste nell'estrazione dei diversi elementi mediante una soluzione di ammonio-acetato tamponata a pH 4,65 e addizionata di acido etilendiamino tetracetico (EDTA): può essere utilizzato anche per la valutazione delle quote assimilabili di calcio, magnesio, potassio, sodio.

I metalli vengono dosati mediante spettrofotometria AA: gli standards debbono contenere la soluzione estraente nella stessa concentrazione degli estratti portati alla misura.

### 7.3.2 *Reattivi*

Soluzione estraente: ammonio acetato ( $\text{NH}_4\text{-C}_2\text{H}_3\text{O}_2$ ) soluzione 0,5 M + EDTA [ $\text{C}_2\text{H}_4\text{N}_2(\text{CH}_2\text{COOH})_4$ ]: sciogliere 38,5 g di  $\text{NH}_4\text{-C}_2\text{H}_3\text{O}_2$  in 500 ml di  $\text{H}_2\text{O}$  + 25 ml di  $\text{CH}_3\text{COOH}$  e aggiungere 5,845 g di EDTA. Aggiustare il pH a  $4,65 \pm 0,1$  e portare a 1000 ml.

### 7.3.3 *Modo di procedere*

10 g di suolo secco all'aria sono posti a contatto con 100 ml di soluzione estraente ed agitati meccanicamente per 60'. Si centrifuga, eventualmente si filtra e si misura all'assorbimento atomico.

I risultati sono espressi in parti per milione o per miliardo (selenio e mercurio).

Per i suoli organici il rapporto suolo-estraente deve essere di 1:20.

#### *Referenze:*

LAKANEN E., ERVIO R. (1971) Acta Agr. Fenn. 123, 223.

---

## 7.4 BORO SOLUBILE

---

### 7.4.1 *Generalità*

Il boro si estrae con acqua all'ebollizione per 5 minuti. Si ottengono estratti più limpidi estraendo con cloruro di magnesio che non ha influenza sulla solubilità del borato.

Il boro viene poi dosato colorimetricamente con azometina H.

### 7.4.2 *Apparecchiature e reattivi*

- Tubi da circa 100 ml con canna a ricadere
- Tubi tarati da 10 ml con tappo smerigliato
- Acido solforico ( $H_2SO_4$ ) soluzione 2 N: acido solforico concentrato ( $H_2SO_4$  d = 1,84) ml 56/l.

— Azometina H: se non è reperibile in commercio si prepara nel modo seguente: si sciolgono 10 g di acido 1-ammino-8-naftol-3,6-disolfonico (sale sodico) in circa 500 ml di acqua distillata. Si neutralizza con NaOH, quindi si acidifica con HCl fino a pH 1,5 circa. Si aggiungono 10 ml di aldeide salicilica e si agita per 1 ora riscaldando leggermente (40-50°C). Dopo riposo di almeno 16 ore si filtra su Buchner e si lava 5 volte con alcol a 96°, si secca e si conserva in recipiente ben chiuso in frigorifero.

— Soluzione di Azometina H: si sciolgono 0,9 g di azometina H e 2 g di acido ascorbico in 100 ml di acqua. La soluzione è stabile per 3-4 giorni se mantenuta in frigorifero.

— Soluzione complessante: si sciolgono 250 g di acetato di ammonio ( $NH_4 \cdot C_2H_3O_2$ ) e 125 ml di acido acetico ( $CH_3COOH$ ) in 500 ml di acqua. Si aggiungono 6,7 g di sale sodico dell'acido etilendiaminotetracetico (EDTA).

— Soluzione standard di boro: g 0,5715 di acido borico ( $H_3BO_3$ ) in 1000 ml di acqua. La soluzione contiene 100 mg/litro di boro.

— Soluzioni standard diluite: dalla precedente si preparano soluzioni contenenti da 0,1 a 1 mg/litro.

— Soluzione estraente: 2 g di cloruro di magnesio ( $MgCl_2 \cdot 6H_2O$ ) in un litro.

#### 7.4.3

##### *Modo di procedere*

Si pongono 25 g di suolo nel tubo da 100 ml e si aggiungono 50 ml di soluzione estraente. Si chiude con la canna e si porta all'ebollizione per cinque minuti. Si raffredda rapidamente e si filtra su carta scartando le prime porzioni. Si prelevano 2 ml in tubo da 10 ml con tappo smerigliato. Si aggiungono 1 ml di acido solforico 2 N, 4 ml di complessante e 2 ml di azometina H. Si lascia a riposo per 2 ore, si porta a volume e si misura a 410 nm. La curva di taratura è effettuata con 2 ml delle soluzioni standard diluite e una prova in bianco trattate come il campione.

#### 7.4.4

##### *Calcolo*

Boro ppm = C

dove C è la concentrazione dello standard corrispondente

Nota: la vetreria va costruita con un vetro che non ceda boro nelle condizioni in cui si opera. Controllare con prova in bianco che queste condizioni siano rispettate.

## 7.5 DETERMINAZIONE DEL MOLIBDENO ASSIMILABILE

7.5.1

### *Generalità*

Il molibdeno, estratto con la soluzione di Tamm modificata, è correlato al molibdeno assunto da vari vegetali in varie situazioni ambientali.

7.5.2

### *Reattivi*

Soluzione estraente: ammonio ossalato  $[(\text{COONH}_4)_2 \cdot \text{H}_2\text{O}]$  e acido ossalico  $[(\text{COOH})_2]$  a pH 3,3. Sciogliere g 24,9 di ossalato ammoniaco e g 12,6 di acido ossalico in 900 ml di acqua deionizzata; portare il pH a 3,3 con idrossido di ammonio o acido ossalico. Diluire a 1 litro.

7.5.3

### *Modo di procedere*

5 g di campione di suolo secco all'aria sono agitati per 16 ore con 50 ml di soluzione estraente. Si centrifuga, eventualmente si filtra e si misura all'assorbimento atomico con fornetto di grafite. I risultati sono espressi in ppm.

### *Referenze:*

SILLANPÄÄ M. (1982) «*Micronutrients and the nutrient status of soils: a global study*». FAO Soils Bulletin 48, 10.

---

## SEZIONE 8: ANALISI DEGLI ESTRATTI ACQUOSI

---

### **8.1 Preparazione degli estratti acquosi**

Poiché lo scopo dell'analisi è la determinazione dei sali solubili in acqua (effettuata sia mediante analisi diretta sia indirettamente attraverso la misura della conducibilità), è molto importante il rapporto suolo-acqua impiegato.

Questo infatti influisce qualitativamente e quantitativamente sulla composizione ionica della soluzione: le condizioni di estrazione debbono essere quindi standardizzate. In generale, le misure vengono effettuate: a) sull'estratto a saturazione, b) sull'estratto acquoso con rapporto suolo-acqua 1:5.

I valori ottenuti sull'estratto a saturazione sono più indicativi dello stato di salinità del suolo perché meglio correlati alle condizioni reali di campo; si ammette che la concentrazione salina dell'estratto a saturazione sia circa la metà di quella presente alla capacità di campo e circa un quarto di quella presente al punto di appassimento.

I valori analitici ottenuti sull'estratto 1:5 sono di più difficile interpretazione anche perché tale diluizione turba gli equilibri di scambio tra gli scambiatori e la soluzione estraente.

L'estratto 1:5 è però di esecuzione più spedita e richiede poco suolo e viene quindi adoperato quando il campione è in quantità limitata e se non si dispone di apparecchiature atte ad eseguire l'analisi dei cationi e degli anioni su piccole quantità di liquido.

Infine è conveniente quando si devono studiare variazioni di salinità nello stesso suolo.

**8.2 Determinazione dei sali solubili per via indiretta: misura della conducibilità specifica della soluzione**

La conducibilità specifica (L) di una soluzione è la conduttanza misurata fra elettrodi di  $1 \text{ cm}^2$  di superficie posti alla distanza di 1 cm. La conducibilità può essere misurata con celle di caratteristiche diverse: in tal caso dal valore letto all'apparecchio si può calcolare la conducibilità specifica della soluzione mediante un fattore da determinarsi.

La conducibilità specifica è proporzionale alla concentrazione salina nella soluzione e può essere interpretata in termini di sali solubili mediante relazioni empiriche.

**8.3 Determinazione dei sali solubili per via diretta: analisi dei cationi e degli anioni in soluzione**

Nell'estratto a saturazione o nell'estratto acquoso 1:5 vengono determinati: calcio, magnesio, potassio, sodio, carbonato, bicarbonato, cloruri, solfati, nitrati.

---

## 8.1 PREPARAZIONE DEGLI ESTRATTI ACQUOSI

---



- 8.1.1 *Estratto a saturazione*  
La pasta satura, ottenuta con il procedimento indicato in 2.6.1, viene filtrata rapidamente sotto vuoto.
- 8.1.2 *Estratto suolo-acqua con rapporto 1:5*  
La quantità di campione prescelta e pesata al decimo di grammo viene posta in un contenitore contenente acqua deionizzata in ragione di 5 volte. Si agita meccanicamente per 30 minuti, si centrifuga e si filtra.

---

## 8.2 DETERMINAZIONE INDIRECTA DEI SALI SOLUBILI: MISURA DELLA CONDUCIBILITÀ SPECIFICA DELLA SOLUZIONE

---

8.2.1 *Generalità*  
Si effettua mediante conducimetro a cella che dà direttamente misure di conducibilità specifica. Nel caso invece sia necessario passare dalla conduttanza alla conducibilità specifica, è necessario determinare il fattore della cella usata per la misura.

8.2.2 *Determinazione del fattore della cella*  
Si calcola effettuando la misura della conduttanza (C) di una soluzione a conducibilità specifica (L) nota. Il fattore K' sarà

$$K' = \frac{L}{C}$$

Nella tabella seguente sono riportati alcuni valori di L per soluzioni di KCl, a diverse temperature.

Tabella 8.2.2 - L ( $mS\ cm^{-1}$ ) di soluzioni di KCl a diverse temperature

Temperatura °C	KCl 0,100 N	KCl 0,020 N	KCl 0,002 N
15	10,48	2,243	0,239
20	11,67	2,501	0,266
25	12,88	2,765	0,293
30	14,12	3,036	0,321

8.2.3 *Misura*  
La conduttanza C misurata sugli estratti acquosi, deve essere riportata a 25°C utilizzando i fattori riportati nella tabella 8.2.3.

Tabella 8.2.3 - Fattori per riportare a 25°C la conducibilità determinata alla temperatura t:

Temperatura °C	Fattore (F)
5	1,613
10	1,411
15	1,247
20	1,112
25	1,000
30	0,907

#### 8.2.4 *Calcolo*

Se C è la conduttanza determinata, la conducibilità elettrica specifica a 25°C sarà:

$$L \text{ (mScm}^{-1}\text{)} = K' \cdot C \cdot F$$

dove K' è il fattore di correzione della cella (8.2.2) ed F è il fattore per riportare il valore a 25°C (tab. 8.2.3).

#### 8.2.5 *Determinazione dei sali solubili del suolo*

Se la misura della conducibilità specifica viene effettuata nell'estratto a saturazione, si avrà:

$$\text{Sali solubili nel suolo (meq/100 g)} = L \cdot 12,5 \frac{P}{1000}$$

dove L è la conducibilità specifica (mS cm<sup>-1</sup> a 25°C) e P è l'umidità della pasta satura determinata come in 2.6.1.

Se la misura della conducibilità specifica viene effettuata sull'estratto suolo-acqua 1:5, si avrà

$$\text{Sali solubili nel suolo (meq/100 g)} = L \cdot 6,25$$

dove L è la conducibilità specifica (mS cm<sup>-1</sup> a 25°C)  
Per esprimere i dati in peso, si può considerare come peso equivalente medio dei sali presenti nel suolo il valore 51.

## 8.3 DETERMINAZIONE DIRETTA DEI SALI SOLUBILI

### 8.3.1 *Determinazione di calcio, magnesio, potassio, sodio*

#### 8.3.1.1 *Modo di procedere*

La determinazione è effettuata mediante spettrofotometria AA. Calcio e magnesio possono anche essere dosati complessometricamente e potassio e sodio per spettrofotometria AA in emissione. I risultati sono espressi in meq/100 g di suolo o in meq/l.

### 8.3.2 *Determinazione dei carbonati e dei bicarbonati*

#### 8.3.2.1 *Generalità*

Le soluzioni di carbonati e bicarbonati sono decomposte dagli acidi minerali con liberazione di anidride carbonica. Se una soluzione di carbonati e bicarbonati viene titolata potenziometricamente con una soluzione di acido cloridrico, si osserva un flesso a pH 8,4 corrispondente alla fine della titolazione del solo ione carbonato che viene trasformato in bicarbonato, ed un secondo flesso a pH 3,8 che corrisponde alla fine della titolazione di tutto il bicarbonato. La titolazione può anche essere eseguita apprezzando visualmente il raggiungimento del pH desiderato con l'aiuto di un indicatore opportunamente scelto.

#### 8.3.2.2 *Reattivi*

- Soluzione di indicatore misto: metilarancio 0,05% e indigo-carminio 0,125% in acqua.
- Soluzione di indicatore misto: rosso cresolo 0,025% e blu timolo 0,075% in alcool 96%.
- Acido cloridrico (HCl) soluzione 0,020 N: 20 ml di acido cloridrico 1 N (prelevati con buretta) si portano a 1000 ml in matraccio tarato.

#### 8.3.2.3 *Modo di procedere*

### 8.3.2.3.1 *Titolazione dei carbonati e bicarbonati*

Si prelevano con pipetta 50 ml di estratto acquoso e si versano in una beuta da 200 ml. Si aggiungono 0,2-0,4 ml di soluzione di indicatore misto al metilarancio e si titola con acido cloridrico 0,020 N fino al viraggio dal verde al grigio.

### 8.3.2.3.2 *Titolazione dei carbonati*

Si prelevano con pipetta 50 ml di estratto acquoso, si versano in una beuta da 200 ml e si aggiungono 0,2-0,4 ml di indicatore misto al rosso cresolo.

Se la soluzione non assume una colorazione violetta i carbonati non sono presenti. In caso contrario si titola con acido cloridrico 0,020 N fino al viraggio da violetto a giallo. Per apprezzare bene la tonalità di giallo corrispondente al pH 8,4 si può confrontare con una soluzione tampone a cui è stata aggiunta la stessa quantità di indicatore.

### 8.3.2.3.3 *Calcolo*

Per titolare un volume V di soluzione si siano consumati T<sub>1</sub> ml di acido cloridrico 0,020 N nella titolazione di cui al paragrafo 8.3.2.3.1 e T<sub>2</sub> ml nella titolazione di cui al paragrafo 8.3.2.3.2.

$$\text{Carbonati (CO}_3^{2-} \text{ meq/litro)} = \frac{40 T_2}{V}$$

Bicarbonati:

$$\text{in assenza di carbonati (HCO}_3^- \text{ meq/l)} = \frac{20 T_1}{V}$$

$$\text{in presenza di carbonati (HCO}_3^- \text{ meq/l)} = \frac{20 (T_1 - 2T_2)}{V}$$

Per esprimere i risultati in meq/100 g di suolo si deve tenere conto del rapporto suolo-acqua e quindi:

$$\text{meq/l} : 2 = \text{meq/100 g} \quad \text{per l'estratto 1:5}$$

$$\text{meq/l} \frac{P}{1000} = \text{meq/100 g} \quad \text{per l'estratto a saturazione, dove P è l'umidità della pasta satura (2.6.1).}$$

## 8.3.3 *Determinazione dei cloruri*

### 8.3.3.1 *Generalità*

Se una soluzione di cloruro viene trattata con soluzione di nitrato mercurico, si forma cloruro mercurico non ionizzato in ambiente acido (pH circa 3).

Dopo che tutti gli ioni cloruro hanno reagito, lo ione mercurio aggiunto in eccesso può essere rilevato con l'indicatore difenilcarbazona che forma con esso un complesso colorato in rosa.

#### 8.3.3.2 *Reattivi*

— Acido nitrico ( $\text{HNO}_3$ ) soluzione 0,05 N circa. In 1000 ml di acqua deionizzata si versano 4 ml di acido nitrico concentrato ( $d = 1,40$ ).

— Soluzione di mercurio nitrato [ $\text{Hg}(\text{NO}_3)_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$ ] soluzione 0,020 N. Si sciolgono 3,5 g di mercurio nitrato in 1000 ml di acido nitrico 0,05 N circa. Si determina il titolo su 10 ml di soluzione concentrata di sodio cloruro (NaCl) (2,5421 g/litro di NaCl seccato a  $105^\circ\text{C}$ ) e si corregge la soluzione a 0,020 N esatta portando a segno in matraccio tarato da 1000 un numero di millilitri di soluzione di nitrato mercurico pari a 46,8 volte i millilitri di soluzione di nitrato mercurico consumati.

— Indicatore. In 100 ml di alcool etilico 96% si sciolgono 0,5 g di difenilcarbazona e 0,05 g di blu di bromofenolo.

#### 8.3.3.3 *Modo di procedere*

Si preleva un'aliquota di campione che non richieda più di 20 ml di soluzione titolante, altrimenti il viraggio è poco netto. Si pone in beuta da 200 l'aliquota prelevata, si porta a circa 20 ml con acqua deionizzata si aggiungono 0,5 ml della soluzione di indicatore e, goccia a goccia, la soluzione di acido nitrico 0,05 N fino a quando il blu di bromofenolo vira al giallo (pH circa 3); a questo punto si aggiunge ancora 1 ml di soluzione di acido nitrico 0,05 N. Si titola con la soluzione di nitrato mercurico 0,020 N fino a viraggio stabile al rosa violetto.

#### 8.3.3.4 *Calcolo*

Se per la titolazione di A ml di campione si sono consumati T ml di soluzione di nitrato mercurico 0,020 N si avrà:

$$\text{Cl}^- \text{ (meq/litro)} = 20 \frac{T}{A}$$

$$\text{Cl}^- \text{ (meq/100 g)} = 20 \frac{T}{A} : 2 \quad \text{per l'estratto 1:5}$$

$$\text{Cl}^- \text{ (meq/100 g)} = 20 \frac{T}{A} \frac{P}{1000} \quad \text{per l'estratto a saturazione, dove P è l'umidità della pasta satura (2.6.1).}$$

#### 8.3.4 *Determinazione dei solfati*

##### 8.3.4.1 *Generalità*

In ambiente acido gli ioni solfato reagiscono con una soluzione di cromato di bario dando un precipitato di solfato di bario e liberando

ioni dicromato. Se questa soluzione si rende ammoniacale si consegue il duplice effetto di trasformare quantitativamente gli ioni dicromato in ioni cromato e di insolubilizzare l'eccesso di cromato di bario.

I precipitati di solfato di bario e di cromato di bario vengono separati per filtrazione. La soluzione gialla, contenente gli ioni cromato in misura equivalente agli ioni solfato inizialmente presenti, può essere analizzata per spettrofotometria a 410 nm.

#### 8.3.4.2 *Reattivi*

— Cromato di bario ( $\text{BaCrO}_4$ ) soluzione 0,100 N: in matraccio tarato da 1000 ml si versano 600 ml di acqua deionizzata e 130 ml di acido cloridrico concentrato ( $d = 1,18$ ). Si sciolgono quindi 12,666 g di bario cromato previamente essiccato e si porta a segno.

— Sodio solfato ( $\text{Na}_2\text{SO}_4$ ) soluzione 0,200 N; in matraccio tarato da 500 ml contenente circa 300 ml di acqua deionizzata si sciolgono 7,1025 g di  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  anidro e si porta a segno.

— Soluzioni standard di ioni solfato: in 5 matracci tarati da 1000 ml si portano a segno con acqua deionizzata 5, 10, 15, 20 e 25 ml di soluzione 0,200 N di solfato sodico prelevati con buretta. Queste soluzioni contengono rispettivamente 1, 2, 3, 4 e 5 meq/litro corrispondenti a 48,03; 96,06; 144,09; 192,12 e 240,15 mg/litro di ione solfato.

— Soluzione di ammoniaca 5 N circa: 320 ml di ammoniaca concentrata ( $d = 0,89$ ) si portano a 1000 ml con acqua deionizzata.

#### 8.3.4.3 *Modo di procedere*

In sette matracci da 100 ml contenenti 5 ml della soluzione acida di cromato di bario si versano, prelevandoli con pipetta, 25 ml di ciascuna delle cinque soluzioni standard, 25 ml del campione e 25 ml di acqua deionizzata per la prova in bianco. Si riduce l'acidità trattando ogni campione con 1,2 ml di soluzione di ammoniaca 5 N e si lascia tutta la notte per una buona precipitazione del solfato di bario. Si aggiunge 1 ml di soluzione di ammoniaca 5 N, si porta a segno, si filtra su carta a filtrazione lenta e si esegue la lettura fotometrica delle soluzioni filtrate contro la prova in bianco alla lunghezza d'onda di 410 nm.

#### 8.3.4.4 *Calcolo*

Da un grafico costruito con i dati ottenuti con le soluzioni standard si risale alla concentrazione del campione che sarà quindi espressa in meq/litro. Il dato in meq/100 g di suolo si otterrà:

meq/litro: 2 = meq/100 g di suolo                      per l'estratto 1:5

meq/litro  $\cdot \frac{P}{1000} = \text{meq/100 g}$                       per l'estratto a saturazione, dove P è l'umidità della pasta satura (2.6.1).

### 8.3.5 *Determinazione dei nitrati*

#### 8.3.5.1 *Generalità*

I nitrati possono essere dosati per colorimetria o con elettrodo specifico.

#### 8.3.5.1.1 *Determinazione per colorimetria*

La reazione tra i nitrati e brucina in presenza di ac. solforico produce una colorazione gialla valida per una determinazione colorimetrica a 410 nm. La temperatura influenza positivamente la velocità di sviluppo del colore e negativamente la sua intensità. È indispensabile pertanto operare in condizioni perfettamente standardizzate.

#### 8.3.5.1.1.1 *Reattivi*

— Soluzione brucina-acido solfanilico. Si sciolgono 1,0 g di brucina solfato  $[(C_{23}H_{20}N_2O_4)_2 \cdot H_2SO_4 \cdot 7H_2O]$  e 0,1 g di acido solfanilico  $(H_2NC_6H_4SO_3H \cdot H_2O)$  in circa 70 ml di acqua deionizzata calda. Si aggiungono 3 ml di acido cloridrico concentrato ( $d = 1,18$ ) e si porta, dopo raffreddamento, a 100 ml. Questa soluzione è stabile per parecchi mesi, se conservata al buio.

— Potassio nitrato ( $KNO_3$ ) soluzione concentrata (0,7218 g/l) contenente 100  $\mu g/ml$  di azoto nitrico.

— Potassio nitrato ( $KNO_3$ ) soluzione diluita contenente 5  $\mu g/ml$  di azoto nitrico: 50 ml della precedente soluzione si diluiscono ad 1 litro.

— Soluzioni standard di potassio nitrato contenenti da 0,5 a 10  $\mu g$  di azoto in 2 ml ottenute diluendo opportunamente la soluzione diluita di potassio nitrato.

— Soluzione di acido solforico ( $H_2SO_4$ ). Si aggiungono a 75 ml di acqua deionizzata 500 ml di  $H_2SO_4$  concentrato ( $d = 1,84$ ).

#### 8.3.5.1.1.2 *Modo di procedere*

2 ml dell'estratto acquoso contenenti al massimo 10  $\mu g$  di azoto nitrico (in caso contrario si diluisce opportunamente l'estratto) posti in becker da 50 ml si addizionano di 1 ml di soluzione brucina-acido solfanilico. In un secondo becker da 50 ml si pongono 10 ml di acido solforico. Si mescola il contenuto dei due becker aggiungendo cautamente il campione addizionato del reagente al becker contenente l'acido solforico. Si travasa quindi il contenuto di un becker nell'altro cinque volte per assicurare una perfetta miscelazione. Si lascia per 10 minuti al buio, quindi si mescola con 10 ml di acqua deionizzata, posti nell'altro becker, con le modalità precedentemente indicate, per cinque volte. Si rimette al buio per 30 minuti e si esegue la lettura fotometrica a 410 nm.

#### 8.3.5.1.1.3 *Calcolo*

Si risale al contenuto di azoto nitrico mediante una curva di taratura preparata con le soluzioni standard. Tenuto conto delle eventuali ulteriori diluizioni, il dato viene espresso in meq/litro di

ione nitrato. Il dato in meq/100 g di suolo si otterrà:

meq/litro : 2 = meq/100 g di suolo per l'estratto 1:5

$$\text{meq/l} \cdot \frac{P}{1000} = \text{meq/100 g}$$
 per l'estratto a saturazione, dove P è l'umidità della pasta satura (2.6.1).

Nota: Le sostanze fortemente ossidanti o riducenti (ad es. ferro ferrico, manganese tetravalente, ferro ferroso) interferiscono con la reazione a concentrazioni relativamente elevate e pertanto superiori a quelle che si trovano normalmente negli estratti acquosi del terreno. L'interferenza dovuta ai nitriti è eliminata usando l'acido solfanilico.

*Referenze:*

Standard methods for the examination of water and waste-water (12<sup>a</sup> edizione 1965) 198 APHA-AWWA-WPCF.

8.3.5.1.2 *Determinazione con elettrodo specifico*

8.3.5.1.2.1 *Apparecchiature e reattivi*

- Potenzimetro ed elettrodo specifico per azoto nitrico.
- Soluzione concentrata di potassio nitrato (0,7218 g/l), contenente 100 mg/l di azoto nitrico.
- Soluzioni standard di potassio nitrato contenenti da 0 a 100 ppm di azoto ottenute diluendo opportunamente la soluzione precedente.

8.3.5.1.2.2 *Modo di procedere*

È consigliabile usare l'estratto a saturazione dato che il limite di sensibilità del metodo è di 2 ppm. Nell'estratto, eventualmente chiarificato per centrifugazione, si immerge l'elettrodo e si misura il potenziale della cella all'equilibrio.

8.3.5.1.2.3 *Calcolo*

Si risale al contenuto di azoto nitrico mediante una curva di taratura preparata con le soluzioni standard.

Il dato viene espresso in meq/litro.

Il dato in meq/100 g di suolo si otterrà:

$$\text{meq/litro} \frac{P}{1000} = \text{meq/100 g}$$

dove P è l'umidità della pasta satura.

*Referenze:*

MILHAM P.J., AWAD A.S., PAULE R.E., BULL J.H. (1970) Analyst, 95, 751.  
PEDRAZZINI F., CASTELLI A., NANNIPIERI P. (1979). Commun. Soil Science and Plant Analysis, 10, 883.



---

# SEZIONE 9: ACQUE DI IRRIGAZIONE

---

## 9.1 Prelevamento del campione

*Campionamento istantaneo* adatto per acque a composizione relativamente costante. Per campione istantaneo si intende un campione singolo prelevato in un'unica soluzione in un punto determinato ed in un tempo molto breve.

*Campionamento medio* adatto per acque di composizione variabile. Per campione medio s'intende un campione ottenuto da più prelievi effettuati in un dato intervallo di tempo, in maniera continua o discontinua, proporzionale o non alla portata del corpo idrico.

La durata del campionamento, del numero di prelievi e le loro frequenze saranno scelte in relazione alla variabilità della composizione delle acque.

*Campionamento medio-composito* viene realizzato mescolando un numero di campioni istantanei prelevati ad opportuni intervalli di tempo, in misura proporzionale o non alla portata.

*Campionamento medio-continuo* viene effettuato prelevando in maniera continua e per un dato intervallo di tempo una quantità proporzionale o non alla portata.

## 9.2 Analisi

### 9.2.1 Reazione

Il pH viene determinato per via potenziometrica.

### 9.2.2 Contenuto di sali solubili

È un parametro di grande importanza in quanto acque poco saline tendono ad asportare dagli strati superficiali composti solubili e sali, tra cui anche quelli di calcio, con conseguente dispersione delle particelle colloidali.

Un eccesso di sali può portare invece ad un loro accumulo nella zona delle radici e quindi deprimere la produzione vegetale attraverso una riduzione dell'assunzione di acqua. Gli effetti sono diversi, ovviamente, in relazione al tipo di vegetazione ed allo stadio di crescita.

**9.2.2.1 Determinazione per via indiretta: misura della conducibilità specifica**

Vedasi 8.2.

**9.2.3 Determinazione dei cationi e degli anioni per via diretta**

Vengono determinati: sodio, calcio, magnesio, potassio, ammonio, carbonati, bicarbonati, cloruri, boro.

**9.2.3.1 Sodio**

Il sodio può esercitare un'azione fitotossica diretta soprattutto nel caso di piante particolarmente sensibili, ma la sua nocività deriva soprattutto dalla sua azione negativa nei confronti della struttura del suolo e quindi della sua permeabilità. Viene determinato per fotometria di fiamma.

**9.2.3.2 Calcio, magnesio, potassio**

L'importanza del calcio e del magnesio ed in minor misura del potassio risiede soprattutto nella capacità che essi hanno di contrastare gli effetti negativi del sodio sulla struttura.

Calcio e magnesio vengono dosati per spettrofotometria AA, il potassio per fotometria di fiamma.

**9.2.3.3 Carbonati e bicarbonati**

Anche questi ioni influenzano la permeabilità del suolo. Infatti, se il suolo si secca nell'intervallo tra due irrigazioni, una parte degli ioni calcio e magnesio precipitano come carbonati con conseguente modificazione del rapporto  $Na/Ca + Mg$  nelle soluzioni circolanti e quindi aumento della pericolosità del sodio.

Inoltre lo ione bicarbonico se presente in quantità superiori a 200 mg/l può ostacolare l'assorbimento del ferro inducendo clorosi.

Per la determinazione vedasi 8.3.2.

**9.2.3.4 Azoto ammoniacale e nitrico**

Costituiscono un apporto fertilizzante: un eccesso di queste due forme di azoto ( $> 30$  mg/l) può provocare danni solo su colture molto sensibili. Essi possono però dar luogo a fenomeni di eutrofizzazione in canali, rogge, ecc. Vengono dosati mediante elettrodo specifico.

**9.2.3.5 Cloruri**

In basse concentrazioni possono favorire il metabolismo vegetale: ad elevate concentrazioni

(>150 mg/l) sono fitotossici specialmente nei confronti di alberi e di vegetali perenni legnosi. Per la determinazione vedasi 8.3.3.

#### **9.2.3.6 Boro**

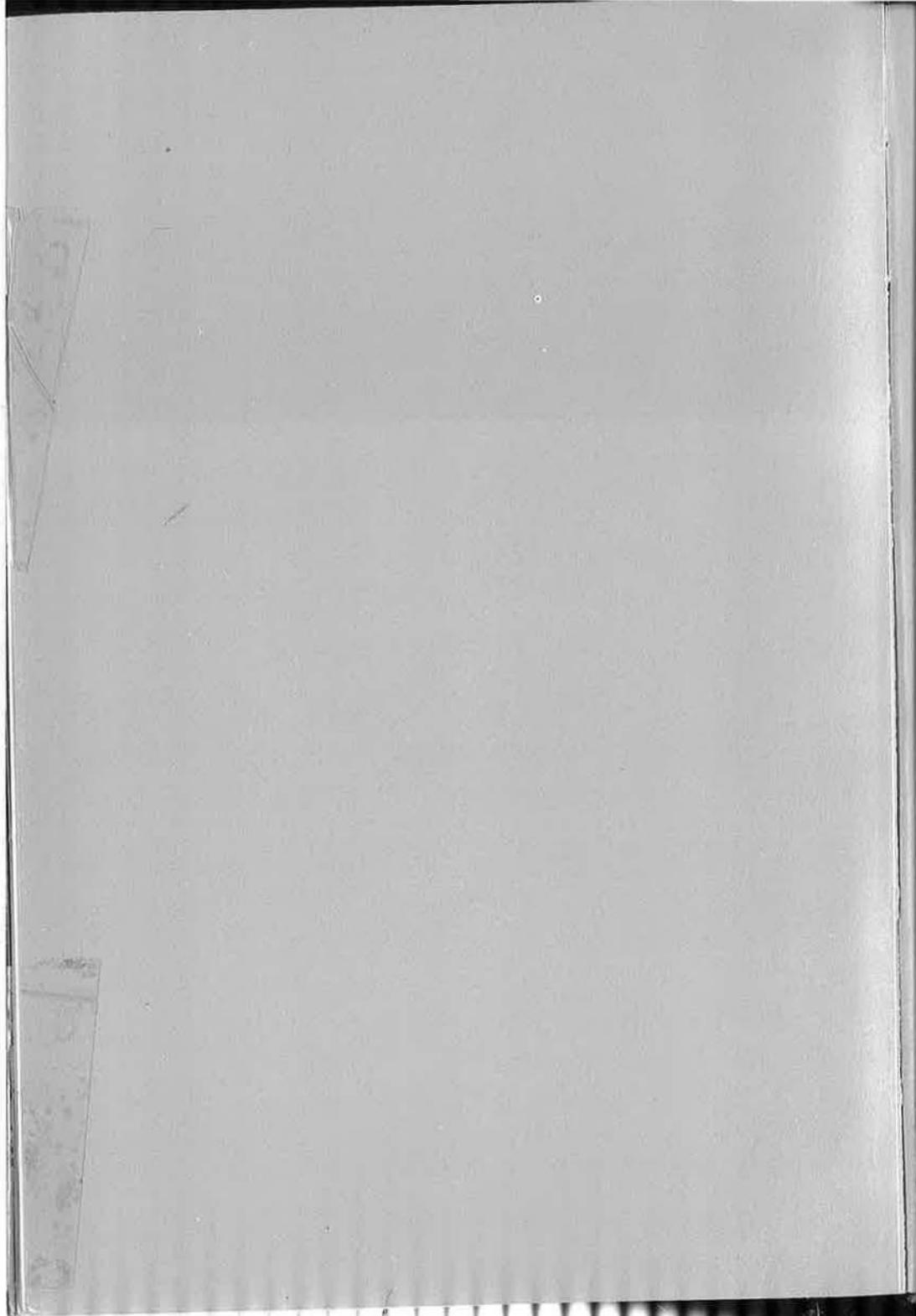
Essenziale per la crescita delle piante, diventa tossico a concentrazioni relativamente elevate. Per la determinazione vedasi 7.4.

#### **9.2.3.7 Elementi inquinanti**

La larga diffusione nell'ambiente di elementi inquinanti ha provocato un innalzamento del loro contenuto anche nelle acque di irrigazione che, specie in casi particolari di immissione di scarichi industriali, devono essere controllate anche da questo punto di vista.

La determinazione dei metalli pesanti viene effettuata per spettrofotometria AA.

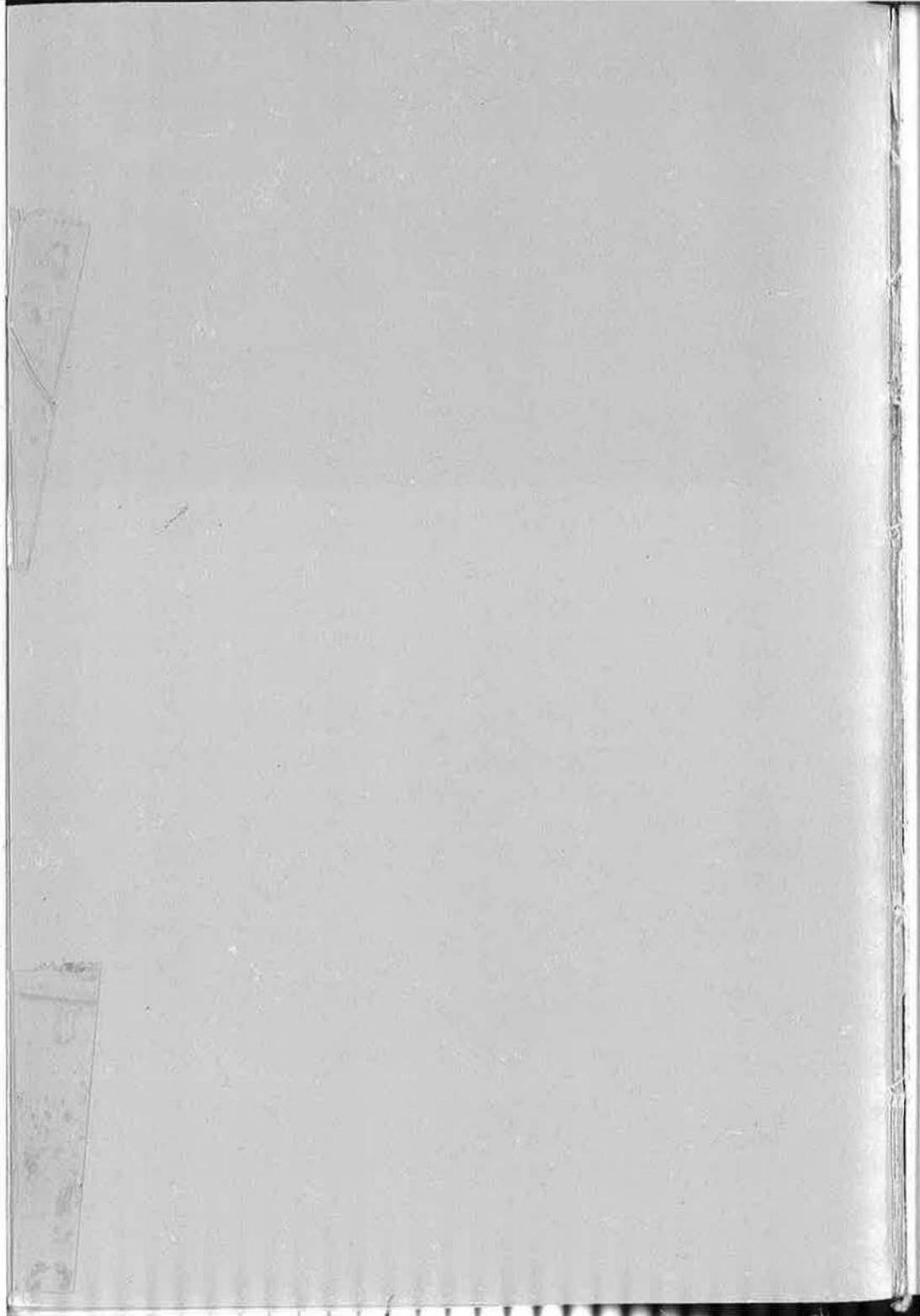




---

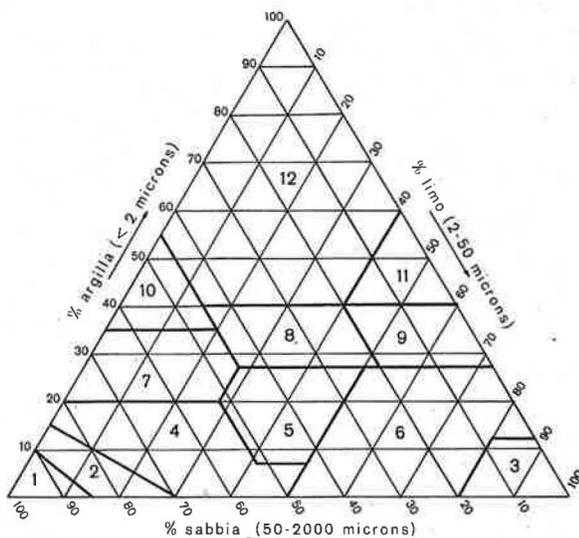
## SEZIONE 10: INTERPRETAZIONE DEI RISULTATI

---



### Analisi granulometrica (2.1)

I dati dell'analisi granulometrica vengono interpretati utilizzando il diagramma a coordinate triangolari che suddivide i suoli in 12 classi granulometriche:



- |                   |                             |
|-------------------|-----------------------------|
| 1 Sabbioso        | 7 Franco sabbioso argilloso |
| 2 Sabbioso franco | 8 Franco argilloso          |
| 3 Limoso          | 9 Franco limoso argilloso   |
| 4 Franco sabbioso | 10 Argilloso sabbioso       |
| 5 Franco          | 11 Argilloso limoso         |
| 6 Franco limoso   | 12 Argilloso                |

Fig. 10.1 - Triangolo delle classi tessiturali secondo il servizio del suolo degli Stati Uniti.

A seconda che vengano riportati sul diagramma i valori della tessitura apparente o di quella reale i risultati possono essere diversi.

Il confronto tra le due serie di dati fornisce un'indicazione sullo stato di aggregazione delle particelle che sarà tanto maggiore quanto più elevato è il rapporto percentuale:

$$R = \frac{\text{Argilla reale} - \text{Argilla apparente}}{\text{Argilla reale}} \times 100$$

Si fa notare che nelle determinazioni granulometriche descritte, non è stata presa in considerazione l'eliminazione del calcare. Quando si ritenga opportuno procedere in questo senso, si potrà effettuare una terza analisi granulometrica su un campione privato di calcare mediante aggiunta di 2,2 ml di HCl 1 N per ogni grammo di  $\text{CaCO}_3$  totale %. Si avrà così la distribuzione granulometrica della frazione non calcarea e un'indicazione circa le dimensioni del calcare (per confronto con la granulometria «apparente»).

#### *Densità reale (2.3)*

Il valore medio comunemente accettato è di  $2,65 \text{ g cm}^{-3}$ .

#### *Densità apparente (2.4)*

I valori di densità apparente sono dell'ordine:

suoli organici:  $1 \text{ g cm}^{-3}$

suoli a buona aggregazione:  $1 \div 1,4 \text{ g cm}^{-3}$

suoli argillosi compatti e sabbie:  $1,2 \div 2,0 \text{ g cm}^{-3}$

#### *Reazione (3.1)*

In base ai valori del pH in acqua, i suoli si possono classificare nel modo seguente:

< 5.3	molto acido
5.4-5.9	acido
6.0-6.7	subacido
6.8-7.2	neutro
7.3-8.1	subalcalino
8.2-8.8	alcalino
> 8.8	molto alcalino

#### *Referenze:*

MALQUORI (1979) «Lineamenti di chimica del terreno». Ed. Scuola Universitaria, Firenze.

È opportuno considerare anche il pH in KCl che è maggiormente correlato alla saturazione basica (4.2).

#### *Calcare totale (3.2)*

La determinazione viene effettuata: 1- per la corretta interpretazione del valore del pH (valori di quest'ultimo superiori a 7 riscontrati in suoli privi di calcare denunciano la presenza di ioni alcalini), 2- per valutare l'incidenza del calcare sul volume del suolo e quindi la proporzione della frazione più direttamente interessata alla nutrizione vegetale, 3- per calcolare più correttamente i fabbisogni idrici.

Genericamente, sono considerati calcarei i suoli che ne contengono più del 5%.

### Calcare attivo (3.3)

La determinazione è importante soprattutto per i suoli a vigneto. La letteratura riporta le seguenti soglie:

- < 5% basso
- 5-15% medio
- > 15% elevato

Se nell'estratto con ossalato viene effettuato il dosamento del ferro, è possibile valutare l'indice del potere clorosante del suolo (IPC) mediante:

$$IPC = \frac{\text{CaCO}_3 \text{ attivo}}{(\text{Fe})^2} \times 10.000$$

dove  $\text{CaCO}_3$  attivo è espresso in g/100 g e (Fe) in mg/kg. Una gamma molto estesa di campioni di numerosi vigneti francesi ha dato valori di IPC compresi tra 0 e 280.

#### Referenze:

POUGET R., JUSTE C. (1972) «*Le choix des portegriffes de la vigne pour les sols calcaires*» Connaissance vigne e vin. 4 357.

### Capacità di scambio cationico e basi di scambio (4.1, 4.2)

I valori della CSC dei suoli agrari vanno da un minimo intorno a 5 meq/100 g ad un massimo di circa 50 meq/100 g. Si possono considerare 3 classi di CSC:

- bassa: < 10 meq/100 g
- media: 10-20 meq/100 g
- alta: > 20 meq/100 g

Circa la composizione del complesso di scambio, i rapporti Ca:Mg:K sono abbastanza costanti anche in suoli insaturi, costituendo il calcio dal 65 all'85% delle basi di scambio, il magnesio dal 6 al 12% e il potassio dal 2 al 5%.

Valori dei rapporti Ca/Mg (meq/100 g) e K/Mg (meq/100 g) superiori a 10 e 1 rispettivamente, possono denunciare carenze di magnesio.

Il calcio, oltre che essere un catione importante per la nutrizione vegetale, è essenziale per impartire al suolo condizioni ottimali di reazione, struttura e attività biologica.

Pertanto si possono distinguere le seguenti situazioni:

Ca % CSC	Saturaz. basica%	Dotazione del suolo
< 35	< 45	molto povero
36-55	46-65	da povero a moderato
56-70	66-85	ottimo per piante tolleranti l'acidità
> 70	> 85	ottimo per piante intolleranti l'acidità

#### Referenze:

COTTENIE A. (1980) «*Soil and plant testing as a basis of fertilizer recommendations*» FAO, Soils bulletin 38/2.

MEHLICH A. (1977) «*The operation of soil and plant services in the USA*» FAO, Soils bulletin 38/1.

### Contenuto totale degli elementi macro e micronutritivi (5.1)

Le soglie indicate si riferiscono alla dotazione del suolo, indipendentemente dalla sua capacità di rifornimento immediato alla coltura.

#### Fosforo

< 0,10 %	povero
0,10-0,20 %	sufficientemente dotato
0,21-0,30 %	ben dotato
> 0,30 %	ricco

#### Calcio

Non vengono date indicazioni a causa della estrema variabilità del suo contenuto nel suolo.

#### Magnesio

Da 0,05 a 0,5% in suoli dove prevalgono rocce non magnesiache.

#### Potassio

< 0,10 %	povero
0,10-0,25 %	sufficientemente dotato
0,26-0,35 %	ben dotato
> 0,35 %	ricco

#### Zolfo

L'ordine di grandezza è di 200 ppm, con minimi intorno a 80 ppm e massimi di 450 ppm.

#### Microelementi

Elemento	Contenuto medio (ppm)	Minimi e massimi (ppm)
As	6	0.1-40
B	10	2-100
Cd	0.06	0.01-7
Cr	100	5-3.000
Co	8	1-40
Cu	20	2-100
Pb	10	2-200
Mn	850	100-4.000
Mo	2	0.2-5
Ni	40	10-1.000
Se	0,5	0.1-2.0
V	100	20-500
Zn	50	10-300

#### Referenze:

ALLAWAY W.H. (1968) «Advances in Agronomy» 20 235-274.

#### *Fe estratto in ditionito-citrato-bicarbonato (5.2.1)*

La quantità di ossidi di ferro cosiddetto libero fornisce indicazioni sullo stadio di alterazione del suolo. I valori più elevati si aggirano intorno all'8% in  $Fe_2O_3$  (paleosuoli) e i più bassi, caratteristici dei suoli alluvionali recenti, sono minori di 1%.

#### *Fe estratto in ossalato (5.2.2)*

Il valore del rapporto  $Fe_o/Fe_d$  varia tra 0 e 1 e si avvicina all'unità in situazioni di scarsa alterazione o di presenza di sostanza organica.

#### *Fe estratto in pirofosfato (5.2.3)*

I dati variano con la quantità e il tipo di sostanza organica ma per lo strato superficiale di suoli coltivati sono dell'ordine di 0,1-0,05%.

#### *Sostanza organica (6.1)*

In base al contenuto di sostanza organica, il suolo può essere classificato:

povero: < 1,5%

sufficientemente dotato: 1,6-2,5%

ben dotato: 2,6-3,5%

ricco: > 3,5%

Questa suddivisione considera la sostanza organica essenzialmente come fattore di influenza sulle caratteristiche fisiche e chimico-fisiche del suolo.

#### *Azoto totale (6.2)*

Il rapporto ottimale Carbonio organico: N Kjeldhal si aggira, per i suoli coltivati, intorno a 10. Valori superiori denunciano una lenta mineralizzazione della sostanza organica, valori inferiori indicano una mineralizzazione rapida ovvero laute concimazioni azotate.

#### *Valutazione della disponibilità in elementi nutritivi*

Indicare per ogni metodo analitico le soglie di sufficienza e larga disponibilità degli elementi nutritivi, è possibile se tali valori sono desunti dalla cosiddetta «taratura agronomica» cioè dai risultati di sperimentazioni in vaso o in campo. I dati, oltre che correlati con la resa produttiva, possono così costituire la base per la formulazione del fabbisogno in fertilizzanti. È evidente per altro che, essendo la disponibilità dei singoli elementi così come la risposta alla fertilizzazione strettamente legate alle caratteristiche fisiche, chimiche e biologiche del suolo, è indispensabile considerare i singoli parametri chimici non isolatamente ma nel contesto della fisionomia costitutiva del suolo, espressa fondamentalmente dalla tessitura, dalla reazione e dalla CSC. Nella formulazione del fabbisogno in fertilizzanti ha ovviamente importanza anche il tipo di coltura in relazione alla sua esigenza nei singoli elementi nutritivi. Tale esigenza può essere espressa come quantità totale di un elemento presente nel raccolto e necessaria per ottenere l'optimum di produzione.

#### *Fosforo assimilabile (7.2)*

La soglia di sufficienza varia da 30 a 60 ppm di  $P_2O_5$  (metodo Olsen) in relazione alla CSC.

### Potassio (7.1)

Il potassio scambiabile, espresso come per cento della CSC, può essere classificato:

K (% CSC)	Classe
< 2	Basso
2-5	Medio
> 5	Alto

### Magnesio (7.1)

Mg (% CSC)	Classe
< 3	Basso
3-10	Medio
> 10	Alto

### Microelementi (7.3, 7.4)

Pur essendo ancora in corso la taratura agronomica dei metodi descritti, si possono indicare i seguenti valori limite:

	Materiale internazionale n. campioni = 3537			Materiale italiano n. campioni = 170
	basso ppm	normale ppm	alto ppm	normale ppm
Fe	45	166	350	212
Mn	100	260	350	
Cu	1,5	6,0	12	13,7
Zn	0,6	3,8	8	2,4
B	0,2	0,7	1,4	0,8
Mo	0,03	0,2	0,4	0,2

#### Referenze:

SILLAMPÄÄ M. (1982) «*Micronutrients and the nutrients status of soils: a global study*» - FAO, Soils bulletin 48.

### Estratti acquosi (8.2)

La conducibilità dell'estratto a saturazione può essere interpretata, in termini di risposta dei vegetali, nel modo seguente:

conducibilità mS cm <sup>-1</sup>	pericolo di depressione della produzione
< 2,0	nessuno
2,0-4,0	per colture sensibili
4,1-8,0	per la maggior parte delle colture
8,1-16	anche per colture tolleranti
> 16,0	per tutte le colture: resistono solo piante alofite

Circa la composizione degli estratti acquosi, particolare attenzione va posta alla quantità di sodio presente, soprattutto in relazione al calcio e al magnesio. A questo proposito va ricordato che il SAR (vedi acque di irrigazione) dell'estratto a saturazione se superiore a 15 fa definire il suolo come sodico.

#### Acque di irrigazione (9)

##### Reazione

Il pH deve essere compreso tra 6,0 e 8,5.

##### Salinità

Sulla base della conducibilità, la salinità di un'acqua irrigua può essere valutata come segue:

Conducibilità $\mu\text{s cm}^{-1}$	Salinità dell'acqua
< 250	Bassa
250-750	Moderata
750-2250	Media
2250-4000	Alta
4000-6000	Molto alta
> 6000	Eccessiva

##### Referenze:

THORNE D.W., PETERSON H.B. (1954) «*Irrigated soils*» The Blakiston Company Inc. Toronto.

Le seguenti formule, basate su fattori empirici, permettono di calcolare con buona approssimazione, sulla base del valore della conducibilità, il residuo salino dell'acqua.

Se l'acqua contiene prevalentemente carbonati e solfati alcalino-terrosi: residuo salino (g/l) = L · 0,70 dove L è la conducibilità espressa in  $\text{mS cm}^{-1}$  a 25°C.

Se l'acqua contiene prevalentemente cloruro di sodio: residuo salino (g/l) = L · 0,60.

Se si desidera esprimere il risultato in meq/l si considera con buona approssimazione che ogni millisiemens di conducibilità corrisponde a 12,5 meq/l di concentrazione salina. Tale funzione si mantiene lineare in un vasto campo di conducibilità.

I limiti proposti dall'U.S. Environmental Protection Agency (USEPA, 1976 pag. 256) per il residuo salino o TDS (solidi disciolti totali), sono:

— acque che non provocano effetti nocivi	TDS	500 mg/l
— acque che possono avere effetti nocivi su colture sensibili	TDS	500-1000 mg/l
— acque che possono avere effetti nocivi e che richiedono una controllata pratica irrigua	TDS	1000-2000 mg/l
— acque che possono essere usate solo per piante tolleranti, su suoli permeabili e usando una controllata pratica irrigua	TDS	2000-5000 mg/l



Anche in questo caso le concentrazioni sono espresse in meq/l. In generale il per cento di sodio non dovrebbe superare il valore 50-60.

In relazione al fatto che l'effetto del sodio può variare in funzione della conducibilità, per una più rigorosa classificazione del rischio sodico nelle acque irrigue, l'U.S. Department of Agriculture ha proposto l'uso di un diagramma che mette in relazione l'indice SAR con la conducibilità elettrica (Fig. 10.2).

Molto utile si prospetta anche lo schema di classificazione (Tab. 10.1) che permette di suddividere le acque in tre classi, in funzione di vari parametri. Esso deve peraltro essere integrato dai valori dell'indice SAR e da quelli relativi agli elementi tossici.

Tabella 10.1 - *Classificazione delle acque irrigue proposta dall'U.S. Department of Agriculture (Handbook 60, 1954)*

	$\frac{\text{Na} \times 100}{\text{Na} + \text{K} + \text{Ca} + \text{Mg}}$	TDS mg/l	Conducibilità $\mu\text{S cm}^{-1}$	Boro mg/l	Cloruri mg/l	Solfati mg/l
Classe 1: da eccellente a buona; utilizzabile nella maggior parte delle condizioni.	< 60	< 700	< 500	< 0,5	< 177	< 900
Classe 2: da buona a dannosa; pericolosa per alcune colture sotto certe condizioni.	60-75	700-2100	500-3000	0,5-2	177-355	960-1920
Classe 3: da dannosa a inaccettabile; pericolosa per la maggior parte delle colture sotto molteplici condizioni.	> 75	> 2100	> 3000	> 2	> 355	> 1930

### Concentrazione di elementi tossici

Il Ministero dell'Agricoltura e Foreste, nell'ambito di una Commissione ad hoc istituita per lo studio dei valori guida delle concentrazioni ammissibili dei principali elementi minerali influenti sulla qualità delle acque irrigue, recependo anche le proposte di uno schema di direttiva elaborato dalla Commissione CEE, ha proposto, in attesa di precisa direttiva CEE, i valori riportati nella Tab. 10.2.

Tabella 10.2 - Criteri di qualità per acque da adibire ad uso irriguo relativi ad elementi tossici per volumi stagionali di adacquamento pari a  $6000 \text{ m}^3\text{ha}^{-1}$

Elemento	Concentrazione mg/l	Elemento	Concentrazione mg/l
Alluminio	4	Litio	2
Arsenico	0,1	Manganese	2
Berillio	0,5	Mercurio	0,002
Boro	0,5	Molibdeno	0,02
Cadmio	0,02	Nichelio	0,3
Cromo totale	0,2	Piombo	0,5
Cobalto	0,2	Selenio	0,03
Rame	0,2	Zinco	1

Per volumi di adacquamento diversi da  $6000 \text{ m}^3\text{ha}^{-1}$  la concentrazione ammissibile dei suddetti elementi si calcola applicando l'equazione:

$$H_x \cdot C_x = H_o \cdot C_o$$

in cui:

$H_o$  indica il volume di  $6000 \text{ m}^3$

$H_x$  indica il volume di adacquamento effettivamente applicato o applicabile

$C_o$  indica la concentrazione corrispondente a  $6000 \text{ m}^3$

$C_x$  indica la concentrazione ammissibile per volumi superiori a  $6000 \text{ m}^3$

Ovviamente per volumi di adacquamento stagionale inferiori a  $6000 \text{ m}^3\text{ha}^{-1}$ , la concentrazione ammissibile sarà uguale a quella precedentemente indicata in tabella.

#### Referenze:

Inquinamento delle acque utilizzate in agricoltura e relativi criteri di qualità. Commissione-legge 319, 10.5.76.

## Grado di approssimazione consigliato

(K = complesso delle cifre intere X = ogni cifra decimale)

### ANALISI DEL SUOLO

Umidità %	K.X	* Cromo ppm	K.X
<i>Caratteristiche fisiche</i>		* Cadmio ppm	K.XX
Densità reale g cm <sup>-3</sup>	K.XX	* Piombo ppm	K.X
Densità apparente g cm <sup>-3</sup>	K.X	* Mercurio ppm	K.XX
Porosità	K	* Selenio ppm	K
* Sabbia grossa %	K.X	* Arsenico ppm	K.X
* Sabbia fine %	K.X	* Ferro ditionito %	K.XX
* Limo grosso %	K.X	* Ferro ossalato %	K.XX
* Limo fine %	K.X	* Ferro pirofosfato %	K.XX
* Argilla %	K.X	* Alluminio ditionito %	K.XX
Umidità pasta satura %	K.X	* Alluminio ossalato %	K.XX
Umidità a pF 2,01 %	K.X	* Alluminio pirofosfato %	K.XX
Umidità a pF 4,19 %	K.X	<i>Frazione organica</i>	
Velocità infiltrazione cm h <sup>-1</sup>	K.X	* Carbonio organico %	K.XX
<i>Reazione del suolo</i>		* Sostanza organica %	K.XX
pH in acqua	K.X	Azoto totale %	K.XX
pH in KCl	K.X	Rapporto C/N	K.X
* Calcare totale %	K.X	* Fosforo organico %	K.XX
* Calcare attivo %	K.X	<i>Frazione assimilabile nutritivi e inquinanti</i>	
<i>Complesso di scambio</i>		* Fosforo ppm	K
CSC meq/100g	K.X	* Ferro ppm	K
* Calcio sc. meq/100g	K.XX	* Rame ppm	K.X
* Magnesio sc. meq/100g	K.XX	* Zinco ppm	K.X
* Potassio sc. meq/100g	K.XX	* Manganese ppm	K
* Sodio sc. meq/100g	K.XX	* Cobalto ppm	K.XX
* Acidità compl. meq/100g	K.XX	* Selenio ppb	K
* Acidità di scam. meq/100g	K.XX	* Cadmio ppm	K.XX
		* Cromo ppm	K.X
		* Piombo ppm	K.X
		* Nichel ppm	K.XX
<i>Frazione minerale</i>		* Mercurio ppb	K
Elementi totali		* Boro ppm	K.XX
* Fosforo %	K.XX	* Molibdeno ppm	K.XX
* Sodio %	K.XX	<i>Estratti acquosi</i>	
* Potassio %	K.XX	Conducibilità mS cm <sup>-1</sup>	K.XX
* Magnesio %	K.XX	Sali solubili meq/100g	K.XX
* Calcio %	K.XX	* Calcio meq/100g	K.XX
* Ferro %	K.XX	* Magnesio meq/100g	K.XX
* Alluminio %	K.X	* Potassio meq/100g	K.XX
* Silicio %	K.X	* Sodio meq/100g	K.XX
* Manganese ppm	K	* Carbonati meq/100g	K.XX
* Rame ppm	K.X	* Bicarbonati meq/100g	K.XX
* Zinco ppm	K.X	* Cloruri meq/100g	K.XX
* Molibdeno ppm	K.XX	* Nitrati meq/100g	K.XX
* Nichel ppm	K.X	* Solfati meq/100g	K.XX
* Cobalto ppm	K.X		

\* = dato da esprimere sul secco in stufa. Moltiplicare per il fattore di cui a 1.3.4.

## Analisi delle acque per uso irriguo

Conducibilità $\mu\text{S cm}^{-1}$	K	Arsenico mg/l	K.XX
pH	K.X	Boro mg/l	K.XX
Solidi disciolti tot. mg/l	K	Cadmio ppb	K
Calcio meq/l	K.XX	Cromo totale mg/l	K.XX
Magnesio meq/l	K.XX	Cobalto mg/l	K.XX
Sodio meq/l	K.XX	Rame mg/l	K.XX
Potassio meq/l	K.XX	Litio mg/l	K.X
Carbonati meq/l	K.XX	Manganese mg/l	K.X
Bicarbonati meq/l	K.XX	Mercurio ppb	K.X
Cloruri mg/l	K	Molibdeno ppb	K
Solfati mg/l	K	Nichel mg/l	K.XX
Nitrati mg/l	K	Piombo mg/l	K.XX
Ammonio mg/l	K	Selenio ppb	K
Alluminio mg/l	K.X	Zinco mg/l	K.X

Il diffondersi degli studi sul suolo a scala territoriale ha posto il problema dell'analisi di un numero rilevante di campioni da eseguirsi in tempi brevi e quindi della necessità di automatizzare i procedimenti analitici.

Le determinazioni eseguibili attualmente per questa via sono: l'azoto totale, nitrico e ammoniacale, il calcare attivo, la sostanza organica, il fosforo totale e assimilabile, nonché alcuni elementi micronutritivi. Le metodiche sono sostanzialmente quelle descritte in questo volume, in quanto utilizzano gli stessi estraenti e gli stessi rapporti di estrazione. L'unica differenza può consistere nel dosaggio vero e proprio che viene effettuato sempre per via colorimetrica.

Anche per quanto riguarda la tessitura, nella necessità di sveltire la procedura, si tende ad applicare la metodica di Bojucos che, se applicata in condizioni rigorosamente controllate, fornisce dati sufficientemente validi.



**E. Walter Russell**

# **IL TERRENO E LA PIANTA**

*fondamenti di agronomia*

Edizione italiana a cura di **Paolo Paris**

Volume di pagg. XIV + 594, 54 illustrazioni, rilegato

Al lettore italiano viene finalmente offerto accesso ad un'opera che gli addetti ai lavori di varie generazioni e di tutto il mondo hanno sempre conosciuto, consultato ed altamente apprezzato per la lucidità critica, la dovizia d'informazioni e la ricchezza di dati che gli Autori — prima il padre, Sir E. J. Russell, poi il figlio E. W. Russell — hanno saputo fondere in un formidabile sforzo di sintesi delle conoscenze agronomiche relative ai fondamenti di quello sconfinato campo che è costituito dal capitolo dell'interazione fra terreno e colture agrarie.

Sarebbe utile decifrare le ragioni del successo di quest'opera i cui contenuti sono stati riecheggianti spesso nei vari testi italiani; ma davanti ad un'analisi non facile, e soggetta ad arbitrarietà, è forse sufficiente ricordare che uno dei punti di forza risiede certamente nella storicità e nell'autorevolezza dei dati scientifici su cui essa si viene snodando. Alle spalle della prima edizione di E. J. Russell, come pure — ancora più abbondanti — alle spalle di quest'ultima del figlio, stanno le inarrivabili esperienze della più famosa Stazione sperimentale del mondo, quella di Rothamsted. Nella presente versione italiana, la sensibilità di chi ha pratica della situazione della ricerca agraria italiana non può non rimanere impressionata dai numerosi, e pure avari, dati sperimentali che risalgono non di rado al 1843, o al 1865; dove l'antichità non può lasciare campo al dubbio dell'inattendibilità, o a riserve circa la precisione delle metodiche allora in uso: l'evidenza dei dati è quasi sempre tale da non lasciare in proposito ombre d'incertezza.

Per i contenuti di tutti o quasi i suoi capitoli, il volume si colloca costantemente su quella sottile linea di displuvio che separa o caratterizza ciò che è un semplice ma arido rapporto scientifico e ciò che diviene un facile scritto divulgativo.

L'Autore, attingendo copiosamente ad un bagaglio eccezionale di conoscenze personali, offre la sua scelta, alla quale non si può disconoscere una profonda forza di persuasione. Il lettore non troverà sviscerati tutti i capitoli dell'agronomia, intesa in senso classico, ma, nella selettività degli argomenti, sempre mantenuti nell'ambito dell'inquadramento dato alle precedenti edizioni, diviene esempio ammirevole di come scienza e sapienza scientifica debbano coordinarsi nello sforzo costante di dilatare, per quanto possibile, i confini del sapere umano.

**EDAGRICOLE**

CASELLA POSTALE 2202 - 40100 BOLOGNA

# IL PROFILO COLTURALE

S. Hénin - R. Gras - G. Monnier

scienze agrarie e zootecnia  
E. Zanini



S. HENIN  
R. GRAS e G. MONNIER

## IL PROFILO COLTURALE

Edizione italiana a cura di  
E. Zanini

Volume di pagg. XVIII + 356, 27 illustrazioni, 52 tavole, numerose tabelle, rilegato in tela con sovracoperta a colori

*Un nuovo modo di vedere la moderna agronomia, basata su una organica sintesi di osservazioni, di ricerche e di sperimentazioni originali sulla fisica del suolo applicata all'agricoltura.*

*Una sistematica esposizione di principi, di metodi di studio e di ragionamenti, che permettono di apprezzare il valore agronomico del suolo e di accrescerne la fertilità e quindi di incrementare gli utili della impresa agraria.*

*Indice:*

**Il profilo culturale** - Definizioni e generalità. I metodi d'esame del profilo culturale. Elementi costitutivi del profilo culturale. Conseguenze dello stato del profilo culturale.

**La stabilità strutturale** - Degradazione della struttura. Tentativi di valutazione della stabilità strutturale. Teoria della stabilità della struttura. Ricerca dei tests specifici. Descrizione delle tecniche di valutazione della stabilità strutturale. Valore e significato dei tests di valutazione della stabilità strutturale.

**Valore agronomico del profilo culturale** - Alcuni risultati sperimentali. Osservazioni relative a differenti colture. Alcune difficoltà di diagnosi.

**Il miglioramento del profilo culturale** - Azione dei fattori naturali. Il lavoro del suolo. Il controllo dell'acqua. Modificazioni del suolo.

**Il miglioramento della stabilità strutturale** - Palliativi di una stabilità insufficiente. Azione delle materie organiche. Modificazione della composizione ionica. Dubbio e problema del fuoco.

**Tentativo di sintesi**

**EDAGRICOLE**

CASELLA POSTALE 2202 - 40100 BOLOGNA