

Capitolo 5

Gestione dell'analisi chimico-fisica del terreno

INSERIMENTO/MODIFICA ANALISI DEL TERRENO

La quarta opzione del menu principale permette di inserire i risultati delle analisi di laboratorio effettuato sui campioni di terreno prelevati dal tecnico in azienda.

Per associare i risultati delle analisi di laboratorio ai campioni i cui dati tecnici sono stati già memorizzati con le precedenti opzioni del menu principale, il sistema chiede di scegliere l'azienda, l'appezzamento ed il campione attraverso le finestre 'Aziende', 'Appezzamenti', 'Cp' (fig. 5-1).



Fig. 5-1

In questo caso la fase di <Inserimento> e <Modifica> non sono distinte, nel senso che non sono previste opzioni di 'Nuovo inserimento' nelle finestre sopra citate.

La fase di <Inserimento> viene attivata qualora non siano ancora stati inseriti dati di laboratorio per la parcella selezionata, mentre la fase di <Modifica> entra in gioco nel momento in cui si seleziona una parcella i cui dati di laboratorio siano stati già caricati. Per questo motivo non faremo distinzione netta fra Inserimento e Modifica in quanto le operazioni da eseguirsi sono identiche.

Scelta la parcella, vengono presentati a video tre riquadri. Il riquadro 'Gestione dei campioni' riporta alcuni dati per l'identificazione del campione attraverso il suo codice e la scheda che contiene i suoi dati e per localizzarlo all'interno del sistema di codifica territoriale tramite il codice pedografico.

La prima richiesta del sistema è quella di scegliere il laboratorio che ha eseguito le analisi del terreno oppure di inserirlo nel caso non sia presente in elenco. La scelta del laboratorio di analisi serve unicamente in fase di stampa per indicare il laboratorio che ha eseguito le analisi del terreno.

Successivamente il sistema chiede di impostare il sistema di interpretazione a seconda del metodo di analisi usato dal laboratorio che ha fornito il certificato di analisi (fig. 5-2).

AGRONIX è capace di memorizzare la taratura agronomica e il sistema di interpretazione per i metodi UNICHIM, SISS-FAO e MARTON.



Fig. 5-2

Gli archivi che contengono i range di giudizio risiedono su directory diverse e sono completamente modificabili attraverso l'opzione GESTIONE ARCHIVI AGRONOMICI del menu principale (leggere Capitolo 8 di questa guida).

Effettuata la scelta di uno dei metodi, si passa all'inserimento dei risultati di laboratorio: è il sistema stesso che posiziona il cursore sui campi su cui vanno digitati tali dati.

Occorre fare molta attenzione nel caricamento di tali risultati: infatti la dimensione dei campi potrebbe non coincidere per la parte decimale con quella presente sul certificato di analisi. Infatti, se per un parametro il certificato utilizza tre cifre decimali anziché le due previste dal sistema, occorrerà arrotondare a due cifre decimali il dato risultante sul certificato per quel parametro.

Se per errore venissero digitate le tre cifre decimali, l'ultima cifra decimale andrebbe sul campo successivo e non sarà possibile tornare indietro. Non è permesso tornare indietro perché il sistema effettua una rigida serie di controlli sui valori dei parametri indicati.



Fig. 5-3

Per poterli modificare è necessario completare la pagina dati, successivamente il sistema, attraverso la riga messaggi, consentirà di tornare indietro con (M)odifica o di proseguire con qualsiasi altro tasto (fig. 5-4).

AGRONIX		SW5	Licenza n. 212-369-205	
GESTIONE CAMPIONI				
CODICE > FR	1 1 1	CAMPIONE > a	SCHEDA > 11111	
CODICE PEDOGRAFICO > FR		SISTEMA PRODUTTIVO > PIENO CAMPO		
PROFONDITA' PRELIEVO cm. > 30		METODOLOGIA DI ANALISI > MARTON		
CARATTERISTICHE FISICO-MECCANICHE				
SABBIA	‰ : 51.44	STRUTTURA	: MODERATA	
ARGILLA	‰ : 22.56	TENDENZA	: SCIOLTA	
LIMO	‰ : 16.00	DIMENSIONE	: FINE	
SCHELETRO	: SCARSO	TESSITURA	: FL	
DIMENSIONE	: MINUTO			
CARATTERISTICHE CHIMICHE DI BASE				
REAZIONE	pH :	7.54	> SUB-ALCALINA	
REAZIONE	pHT :			
CONDUCIBILITA'	mmhos/cm :	0.220	> MOLTO BASSA	
CALCARE TOTALE	‰ :	42.60	> LEGGERMENTE ELEVATO	
CALCARE ATTIVO	‰ :	3.80	> SUFFICIENTEMENTE CALCAREO	
SOSTANZA ORGANICA	‰ :	2.06	> BUONA	
CARBONIO ORGANICO	‰ :	1.18		
(M)odifica un tasto per proseguire				
GESTIONE DATI ANALISI DI LABORATORIO				
				F1=Guida

Fig. 5-4

Nel riquadro 'Caratteristiche fisico-meccaniche' alcuni dati vengono soltanto riportati (perché inseriti precedentemente) come *Scheletro*, *Dimensione* dello scheletro, *Struttura*, *Tendenza* della struttura e *Dimensione* della struttura, altri devono essere inseriti come *Sabbia* e *Limo*.

Il sistema provvederà a calcolare automaticamente Argilla e Tessitura.

Nel riquadro 'Caratteristiche chimiche di base' vengono richiesti i valori per il *pH* e il pH tampone (*pHT*) se il pH è inferiore a 6,6, la *Conducibilità*, il *Calcare Totale*, il *Calcare Attivo*, la *Sostanza Organica*.

L'inserimento di tali dati è controllato dal sistema che, nel caso rilevasse valori esagerati per un parametro o incongruenti rispetto agli altri dati inseriti, suggerisce range di valore ammessi.

Digitati i valori, il sistema calcola automaticamente il valore per il *Carbonio Organico* e visualizza lateralmente a ciascun parametro un giudizio sintetico (fig. 5-4, per ulteriori informazioni leggere la sezione NOTE TECNICHE di questo capitolo).

Successivamente il sistema si pone in attesa che venga digitato un tasto così come suggerito dalla riga messaggi: 'M' se si vogliono modificare i dati immessi, qualsiasi altro tasto per proseguire (fig. 5-4).

Nella pagina di dati successiva vengono richiesti nel riquadro 'Capacità di Scambio Cationica' i dati per Calcio Scambiabile (Ca^{++}), Magnesio Scambiabile (Mg^{++}), Sodio Scambiabile (Na^{+}), Potassio scambiabile (K^{+}) ed Idrogeno (H^{+}) se il valore del pH è inferiore a 6,6.

Poiché i laboratori possono fornire i risultati per ciascun parametro in ppm o in meq/100 gr., è prevista la possibilità di inserirli in uno o in entrambe i modi. Se si dispone del solo dato in ppm, digitando il valore sotto la colonna ppm e poi INVIO, il valore verrà memorizzato in tale unità di misura e digitando successivamente INVIO sul campo appartenente alla colonna meq/100 gr. senza aver inserito alcun valore, il sistema provvederà a fare la conversione automatica.

Una considerazione a parte va fatta per il sodio.

Prima di inserire il valore del sodio, la riga messaggi indica che digitando F2 è possibile effettuare il calcolo del sodio (per chiarimenti si rimanda alla sezione NOTE TECNICHE di questo capitolo). Questo può avvenire se si è a conoscenza del dato della Conducibilità da estratto di pasta satura, del Calcio e del Magnesio in meq/l. (fig. 5-5).

Se non si vuole effettuare il calcolo del sodio, inserire normalmente il valore così come descritto per gli altri parametri.

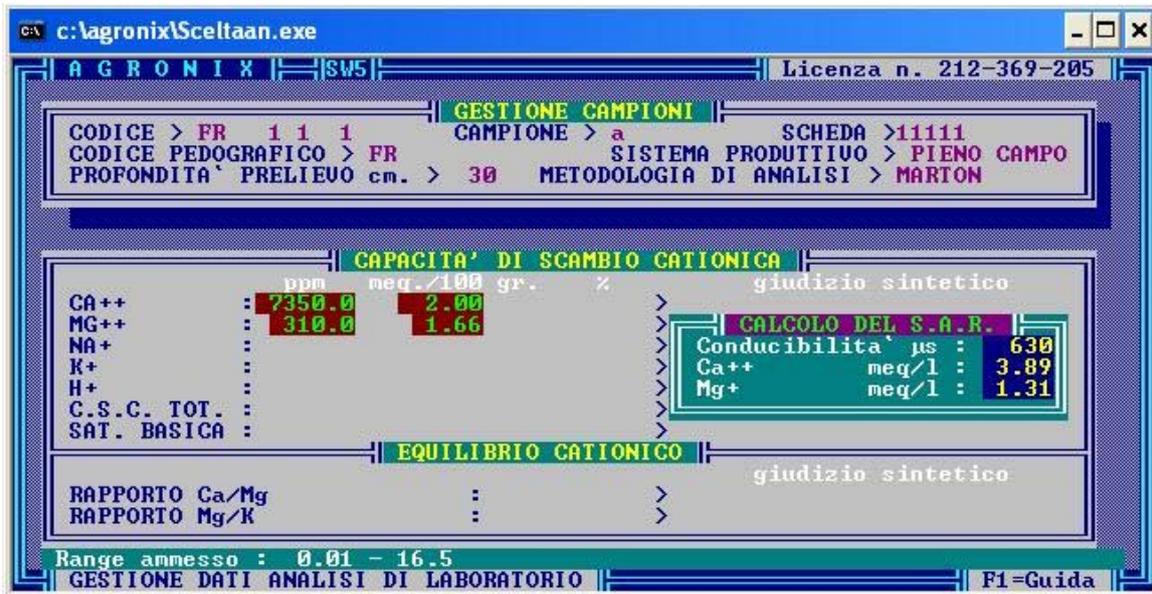


Fig. 5-5

Inserito il valore della C.S.C., il sistema calcola automaticamente la *Saturazione basica* ed effettua una serie di controlli per verificare la congruità dei dati della capacità di scambio.

I valori di Ca⁺⁺, Mg⁺⁺, Na⁺, K⁺ in meq/100 gr. o in ppm, C.S.C. totale in meq/100 gr. sono considerati dal sistema valori indispensabili.

Nel caso si usufruisca del calcolo del sodio, sono considerati indispensabili i valori del calcio e del magnesio in meq/l e della conducibilità da estratto di pasta satura in microsimens.

Si rimanda alla sezione NOTE TECNICHE per capire il tipo di controlli effettuati sui dati della capacità di scambio e della saturazione basica.

Se i dati sono congrui, il sistema calcola i rapporti *Ca/Mg* e *Mg/K*. Anche in questo caso il sistema controlla che il valore di tali rapporti abbia senso, altrimenti obbliga l'utente a controllare i valori inseriti. Se i valori dei parametri interessati nei rapporti fossero stati digitati correttamente, probabilmente l'errore è di tipo analitico, cioè l'errore proviene dal laboratorio.



Fig. 5-5

Calcolati i rapporti, il sistema esprime lateralmente ai parametri i giudizi sintetici relativi al sistema di interpretazione scelto precedentemente e avverte l'utente attraverso la riga messaggi, che si può passare alla pagina di dati successiva digitando qualsiasi tasto oppure si può modificare la pagina corrente digitando il tasto 'M' (fig. 5-6).

The screenshot shows the 'GESTIONE CAMPIONI' screen in the AGRONIX software. At the top, it displays the license number 'Licenza n. 212-369-205'. Below this, sample information is entered: 'CODICE > FR 1 1 1', 'CAMPIONE > a', 'SCHEDA >11111', 'CODICE PEDOGRAFICO > FR', 'SISTEMA PRODUTTIVO > PIENO CAMPO', and 'PROFONDITA' PRELIEVO cm. > 30', 'METODOLOGIA DI ANALISI > MARTON'. The main section is titled 'CAPACITA' DI SCAMBIO CATIONICA' and contains a table with columns for ion type, concentration in ppm, meq./100 gr., percentage, and a synthetic judgment. The data is as follows:

	ppm	meq./100 gr.	%	giudizio sintetico
CA++	2589.0	12.92	83.0	> SUFFICIENTE
MG++	250.0	2.06	13.2	> LEGGERMENTE ELEVATO
NA+	25.3	0.11	0.7	> ESTREMAMENTE CARENTE
K+	186.0	0.48	3.1	> QUASI SUFFICIENTE
H+				>
C.S.C. TOT.		16.38	100	> BUONA
SAT. BASICA			95.05	> MOLTO BUONA

Below this table is the 'EQUILIBRIO CATIONICO' section, which shows two ratios and their synthetic judgments:

RAPPORTO Ca/Mg	:	6.27	> LEGGERO SQUILIBRIO A > CA
RAPPORTO Mg/K	:	4.29	> FORTE SQUILIBRIO A > MG

At the bottom, there is a prompt '(M)odifica un tasto per proseguire' and 'GESTIONE DATI ANALISI DI LABORATORIO' with 'F1=Guida' on the right.

Fig. 5-6

La pagina successiva permette di inserire il contenuto in macro e microelementi (fig. 5-7).

The screenshot shows the 'GESTIONE CAMPIONI' screen in the AGRONIX software, identical to Fig. 5-6. The main section is titled 'CONTENUTO IN MACROELEMENTI' and contains a table with columns for element name, unit, value, and judgment. The data is as follows:

Elemento	Unità	Valore	Giudizio
N MINERALIZZ.	%	0.118	
AZOTO TOTALE	%	0.122	
FOSFORO ASS.	ppm	42.0	Kg/Ha : 7418 > BUONO
POTASSIO SC.	ppm	186.0	Kg/Ha : 255 > MOLTO RICCO
RAPPORTO C/N		9.67	Kg/Ha : 1131 > LEGGERMENTE RICCO
			> RAPPORTO EQUILIBRATO

Below this table is the 'CONTENUTO IN MICROELEMENTI' section, which shows the following data:

BORO	ppm	0.43	> BUONO
FERRO	ppm	32.00	> LEGGERMENTE ELEVATO
MANGANESE	ppm	110.00	> ECCESSIVAMENTE ELEVATO
MAGNESIO	ppm	250.0	> BUONO
RAME	ppm	6.00	> BUONO
ZINCO	ppm	0.25	> ESTREMAMENTE CARENTE

At the bottom, there is a prompt '(M)odifica Un tasto per proseguire' and 'GESTIONE DATI ANALISI DI LABORATORIO' with 'F1=Guida' on the right.

Fig. 5-7

Nel riquadro 'Contenuto in macroelementi', il sistema calcola automaticamente l'azoto mineralizzabile (*N. Mineralizz.*) in percentuale e l'azoto totale (*Azoto Totale*) in percentuale e kg/ha, richiede il valore del fosforo assimilabile (*Fosforo Ass.*) in ppm convertendo tali valori nell'unità kg/ha, riporta il valore del potassio scambiabile (*Potassio Sc.*) della pagina precedente in ppm ed effettua la conversione in kg/ha ed infine calcola automaticamente il rapporto C/N.

Il valore del fosforo assimilabile è considerato dal sistema informazione indispensabile.

Nel riquadro 'Contenuto in microelementi' il sistema chiede di inserire i valori di *Boro*, *Ferro*, *Manganese*, *Rame* e *Zinco*.

Il valore del Ferro è considerato dal sistema informazione indispensabile, i valori degli altri parametri non sono considerati obbligatori (non sempre tali parametri vengono analizzati).

Inseriti tutti i dati, il sistema riporta i giudizi sintetici per ogni parametro e permette di uscire digitando un qualsiasi tasto oppure di modificare i dati della pagina corrente con il tasto 'M' (fig. 5-7).



NOTE TECNICHE ANALISI CHIMICO-FISICHE DEL TERRENO

IL METODO DI ANALISI

L'analisi chimico-fisica del terreno può essere eseguita seguendo diversi metodi per quanto riguarda l'estrazione degli elementi nutritivi e la loro valutazione.

I metodi più diffusi in Italia risultano essere i seguenti: UNICHIM, SISS-FAO, MARTONI: i primi due metodi sono simili, e si differenziano solo in alcune determinazioni. Essi coincidono in pratica con le metodologie illustrate nel D.M. 11/5/92 "METODI UFFICIALI DI ANALISI CHIMICA DEL SUOLO".

Il metodo MARTON, sviluppato in Inghilterra dalla Marton Products Ltd consiste in un sistema metodologicamente semplificato e rapido messo a punto seguendo i riferimenti delle stazioni sperimentali di Rothamsted ed East Malling in Inghilterra, di Wageningen in Olanda, l'USDA, le Università del Michigan e dell'Idaho negli Stati Uniti, la FAO di Roma, l'INRA e le norme AFNOR in Francia, le norme DIN in Germania.

I valori derivanti dall'analisi di un campione di terreno si differenziano a seconda del metodo di estrazione e di lettura utilizzato, pertanto il sistema AGRONIX, per poter essere sensibile alla metodologia di analisi utilizzata richiede prima di tutto che venga indicato il metodo con cui è stata effettuata l'analisi del campione.

Per ogni metodo di analisi come si vedrà meglio in seguito (Capitolo GESTIONE ARCHIVI AGRONOMICI), esiste un sistema di interpretazione agronomica aperto ad eventuali modifiche che ne consentono la specifica taratura in funzione del laboratorio che effettua le analisi.

LA TESSITURA

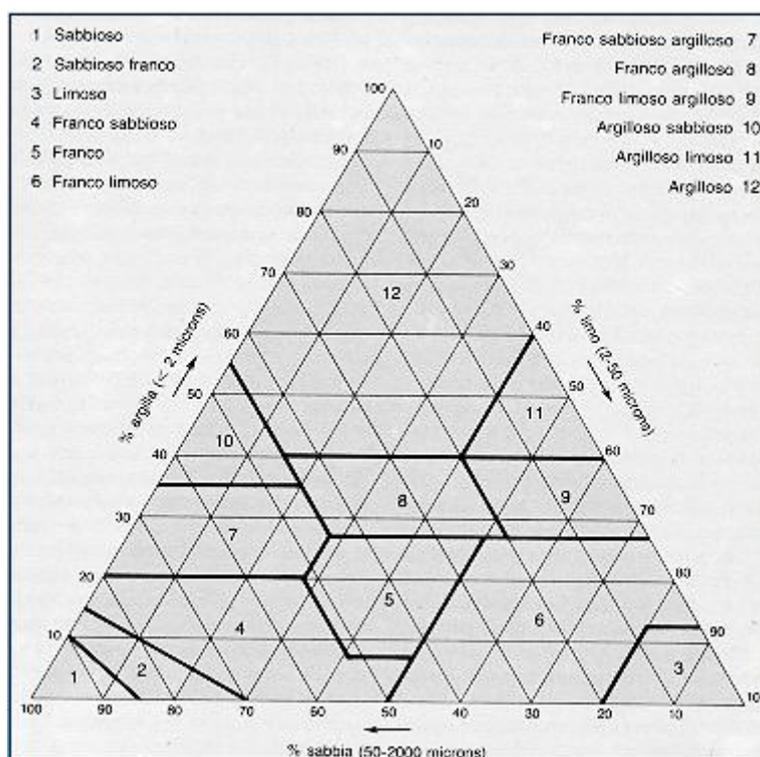
Con il termine **Tessitura** si indica la composizione granulometrica del terreno, vale a dire il contenuto percentuale in sabbia, limo e argilla.

La determinazione in laboratorio della granulometria di un campione di terreno agrario viene eseguita seguendo le metodiche indicate dalla S.I.S.S. (Società Italiana di Scienza del Suolo) ed in particolare si usa generalmente (in terreni non eccessivamente organici) il metodo rapido all'idrometro Bouyoucos che dà risultati attendibili ed omogenei e quindi raffrontabili fra loro. Il metodo è illustrato dettagliatamente nell'allegato D.M. 11/5/92 "Metodi ufficiali di analisi chimica del suolo".

Tale metodo permette di dividere il terreno nelle seguenti frazioni granulometriche:

- Scheletro → particelle con diametro superiore a 2 mm.
- Sabbia → particelle con diametro compreso tra 2 mm e 0,02 mm.
- Limo → particelle con diametro compreso tra 0,02 mm. e 0,002 mm.
- Argilla → particelle con diametro inferiore a 0,002 mm.

Il sistema AGRONIX richiede l'inserimento dei valori relativi alla % di sabbia e limo ed effettua automaticamente il calcolo del contenuto in argilla e della tessitura del terreno utilizzando allo scopo i parametri relativi al triangolo della tessitura a 12 classi secondo l'U.S.D.A., di cui alla figura sotto riportata.



La tessitura di un terreno non può essere comunque considerata come un parametro a sé stante in grado di fornire precise indicazioni agronomiche, ma deve essere vista in correlazione con gli altri parametri chimici e biochimici che portano alla formazione della struttura del terreno.

Nella formazione di tale ultima caratteristica intervengono vari fattori quali la dotazione di sostanza organica, le percentuali di carbonato di calcio e di calcare attivo, ecc., che solo quando sono presenti in quantità ottimali favoriscono l'aggregarsi delle particelle elementari fino a dar corpo alla struttura vera e propria.

Una buona modalità di aggregazione con la formazione di una struttura adeguata delle particelle elimina i pericoli di asfissie radicali, i ristagni di acqua, il blocco dell'umificazione e della mineralizzazione della sostanza organica nel terreno, l'eccessiva freddezza del terreno, la denitrificazione; influenza inoltre l'assorbimento da parte delle piante di tutti i composti nutritivi.

Oltre alla tessitura sarebbe quindi importante determinare analiticamente anche la porosità che darebbe informazioni immediate e precise sullo stato della struttura del terreno.

Nonostante possa essere determinato per via analitica tramite setacciatura a secco è utile l'annotazione sulla scheda, al momento del prelievo del campione, dello scheletro e della tessitura e struttura apparente del terreno in esame.

Per effettuare correttamente tale annotazione è necessario effettuare il saggio manuale del terreno durante le operazioni di prelevamento e valutare la consistenza del terreno secondo i seguenti riferimenti:

- **SABBIOSO**

E' un terreno composto da grani individuabili facilmente alla vista e al tatto. Pressando in una mano un po' di terreno asciutto, questo non prende alcuna forma e, togliendo la pressione, si disperde subito nei singoli grani. Se con la mano si pressa il terreno allo stato umido si ottiene una forma, che però si disgrega appena toccata.

- **FRANCO-SABBIOSO**

Contiene molta sabbia, ma anche limo e argilla in quantità sufficienti per dare al terreno una certa coesione. La sabbia presente si può facilmente individuare alla vista e al tatto. Pressato in una mano allo stato asciutto, prende forma con scarsa coesione. Se pressato allo stato umido, la forma ha una maggiore coesione e resiste ad una leggera manipolazione senza disgregarsi.

- **FRANCO**

Presenta una equilibrata mescolanza di sabbia, limo e argilla. Al tatto è un po' granuloso, ma omogeneo e leggermente plastico. Pressato in una mano allo stato asciutto prende forma e resiste ad una leggera manipolazione, mentre se pressato allo stato umido, la forma risultante può essere manipolata a lungo senza disgregarsi.

- **FRANCO-LIMOSO**

Contiene una discreta quantità di sabbia, poca argilla e più del 50% di limo. Allo stato asciutto può apparire zoloso, ma le zolle si disfano alla minima pressione. Si presenta soffice e farinoso al tatto. Se inumidito si impasta immediatamente. Pressato nella mano, sia allo stato asciutto che umido, prende forma e resiste alla manipolazione. Compresso umido tra il pollice e l'indice dà luogo ad una striscia sottile, con numerose fratture e poco resistente.

- **FRANCO-ARGILLOSO**

E' un terreno a tessitura fine che si presenta aggregato in zolle e grumi, molto duri se secchi. Impastando il terreno umido, tra il pollice e l'indice si forma una sottile striscia che, se tenuta verticalmente, non riesce a sostenere il proprio peso e si rompe. Il terreno umido è plastico e pressato con la mano assume forma compatta e fangosa resistente alla manipolazione.

- **ARGILLOSO**

Terreno simile al franco-argilloso, a tessitura molto fine; quando è asciutto forma zolle e grumi molto duri e quando è umido si presenta plastico, adesivo e scivoloso. Pressato umido tra il pollice e l'indice dà luogo ad una striscia lunga, flessibile e resistente.

- **TERRENI UMIFERI**

Vengono definiti umiferi tutti i terreni di qualunque tessitura, aventi una percentuale di humus superiore all'8%. Si riconoscono per il loro colore bruno scuro e per la loro particolare sofficità.

Le altre tipologie di tessitura non menzionate in pratica si possono distinguere per caratteristiche intermedie a quelle avanti indicate.

In relazione alla sensazione tattile che può essere percepita attraverso i polpastrelli si ricorda che la valutazione (da effettuare su un piccolo campione di terreno preventivamente umettato) deve tener conto delle seguenti sensazioni da individuare che corrispondono ad ognuno dei 3 componenti la granulometria del suolo:

ABRASIONE	→	Sabbia grossa
SMERIGLIATURA	→	Sabbia fine
SAPONOSITA'	→	Limo
ADESIVITA'	→	Argilla

In merito all'importanza agronomica della tessitura e della struttura, si ricorda inoltre che le lavorazioni dei terreni influenzano direttamente la formazione della struttura: da qui l'esigenza di impiegare pratiche agronomiche adeguate.

Infine nella scelta del tipo d'irrigazione e delle modalità stesse di spargimento dell'acqua bisogna tenere ben presente le caratteristiche tessiturali e strutturali dei terreni onde non peggiorare situazioni particolari.

La tecnica di somministrazione e frazionamento degli elementi fertilizzanti che consiglia il sistema AGRONIX tiene conto pertanto della classe tessiturale a cui appartiene il terreno della parcella da programmare.

LA REAZIONE DEL TERRENO

Il sistema richiede che venga inserito il valore del **pH**. Tale valore compreso tra 0 e 14 indica numericamente il grado di reazione del terreno (acida, neutra o alcalina) esprimendo la concentrazione degli ioni H⁺ presente in un campione di terreno disperso in acqua distillata in una proporzione suolo/acqua di 1:2,5. Tale dispersione simula in laboratorio la soluzione circolante entro cui si svolgono i principali fenomeni chimici e biologici e da cui le radici delle piante traggono gli elementi nutritivi.

Per la valutazione della reazione del terreno, AGRONIX adotta la seguente scala riconosciuta in campo internazionale (modificata):

VALUTAZIONE DELLA REAZIONE	VALORE DEL pH	
	da	a
FORTEMENTE ACIDA	<	3,50
PER-ACIDA	3,51	5,00
ACIDA	5,01	5,50
MEDIAMENTE ACIDA	5,51	6,00
SUB-ACIDA	6,01	6,60
NEUTRA	6,61	7,30
SUB-ALCALINA	7,31	7,80
MEDIAMENTE ALCALINA	7,81	8,40
ALCALINA	8,41	9,00
PER-ALCALINA	9,01	9,60
FORTEMENTE ALCALINA	>	9,60

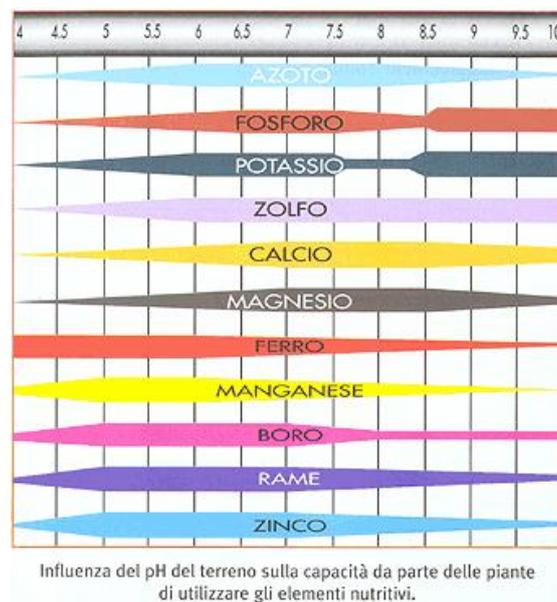
Poiché la capacità da parte delle piante di assimilare gli elementi nutritivi dal terreno, varia, in misura diversa a seconda degli elementi, al variare del pH, AGRONIX adotta una tabella in cui sono memorizzati appositi coefficienti di disponibilità modificabile con il programma di gestione degli ARCHIVI AGRONOMICI.

Ciò interessa particolarmente i microelementi quali il ferro, il manganese ed il boro, ma influisce anche su tutti i macroelementi (N, P, K e Mg); per tutti gli elementi esiste pertanto un range di pH ottimale per la loro assimilabilità da parte delle piante come riportato dalla tabella seguente:

- pH ottimali per l'assimilabilità dei principali elementi

Elemento	pH
Azoto	6,0-8,0
Fosforo	6,5-7,5
Potassio	6,0-8,0
Magnesio	6,0-8,5
Calcio	7,0-9,0
Zolfo	5,5-9,0
Ferro	3,0-6,5
Manganese	3,0-6,5
Zinco	3,5-7,0
Rame	5,0-7,5
Molibdeno	6,5-9,0
Boro	5,0-7,2
Alluminio	3,0-5,0

Di seguito viene riportato un diagramma che illustra l'assimilabilità degli elementi nutritivi in funzione della reazione del terreno.



E' noto infatti che le piante coltivate prediligono diverse reazioni del terreno e danno una migliore risposta agronomica quando la reazione del terreno è all'interno del range di ottimalità.

Si riporta di seguito una tabella che indica gli intervalli di pH preferiti da alcune specie coltivate.



Intervalli di pH preferiti da alcune specie coltivate (da Autori vari).

Il calcare presente nel terreno rappresenta un fattore di alcalinità notevole, ma l'alcalinità che esso determina (detta alcalinità costituzionale) può venire in parte attenuata dall'emissione di anidride carbonica che si forma per effetto della presenza di sostanza organica la quale riporta il pH entro limiti accettabili da gran parte delle colture. A causa di tale motivo i livelli del pH nel terreno per la sola presenza del calcare non destano mai gravi problemi.

Invece particolari problemi di alcalinità possono essere provocati dalla presenza del sodio sul complesso di scambio.

- Valori preferenziali del pH (in acqua) per le principali specie da orto e da fiore (da Autori diversi).

Specie da orto	pH	Specie da fiore ed ornamentali	pH
Anguria (Cucumis citrullus)	5,5-6,5	Anemone coronaria	6,5-7,5
Asparago (Asparagus officinalis)	6,5-7,5	Bocca di leone (antirrhinum majus)	6-7
Barbabietola (Beta vulgaris)	6,5-7,5	Aracee (dieffenbachia, Pothos,	
Basilico (Ocimum basilicum)	6,5-7,5	Philodendron, Anthurium, Caladium)	5-6,5
Carota (Daucus carota)	6,0-7,0	Asparagus (A. plumosus e sprengeri)	6-7
Cetriolo (Cucumis sativus)	5,5-7,0	Azalea e Rododendron,	5-5,5
Cipolla (Allium cepa)	6-7	Bougainvillea Sanderiana	6-7
Fagiolo (Phaseolus vulgaris)	6-7	Bouvardia longiflora	6-7,5
Fragola (Fragaria vesca)	5,5-6,5	Bromeliacee spp.	5-6
Endivia (Cichorium endivia)	6-7	Cactacee spp.	5,5-6,5
Lattuga (lactuca sativa)	6-7	Calla (Zantedeschia Aethiopica)	6-6,5
Melanzana (Solanum melongena)	5,5-7	Calendula officinalis	7-7,5
Melone (Cucumis melo)	6,0-7,5	Ciclamino (Cyclamen persicum)	5,6-6,5
Peperone (Capsicum annum)	5,5-7,0	Cineraria (C. hybrida)	6-7,5
Pomodoro (Lycopersicon esculentum)	6,2-7,0	Crisantemo (Chrysanthemum indicum)	6-7,5
Prezzemolo (Petroselinum hortense)	6,5-7,5	Ericacee spp.	4,5-5,5
Ravanello (Raphanus sativus)	6-7	Felci (Adiantum, Pteris, Nephrolepis)	5,5-6
Sedano (Apium graveolens)	6,0-7,5	Ficus Elastica	5-6
Spinacio (Spinacia oleracea)	6-7	Fresia (Freesia hybrida)	6-7
Zucca (Cucurbita pepo)	6,0-7,5	Gardenia Jasminoides	4,5-5,5
		Garofano (Dianthus caryophyllus)	6,5-7,5
		Gerbera (Gerbera jamesonii)	5,5-6,5
		Geranio (Pelargonium spp.)	6-6,5
		Giacinto (Hyacinthus orientalis)	7-7,5
		Gladiolo (Gladiolus spp.)	6,8-7,5
		Iris (Iris Xiphium)	6-6,5
		Lilium spp.	6-7
		Narciso (Narcissus spp.)	6-6,5
		Orchidacee spp. ornamentali	5-6,5
		Ortensia (Hydrangea macrophylla)	4,5-6,5
		Poinsettia (Euphorbia pulcherrima)	5,5-6,5
		Rosa canina e R. Multiflora	6-7
		Rosa Indica Major	7-7,5
		Tulipano (Tulipa spp.)	6-7
		Violetta africana (Santipaulia spp.)	6-6,5
		Violaciocca (Matthiola spp., Cheiranthus spp.)	7-8

pH OTTIMALI DELLE PRINCIPALI COLTURE

<i>Graminacee</i>	
Orzo (<i>Hordeum sativum</i>)	6,5-8,0
Mais (<i>Zea mays</i>)	5,5-7,5
Avena (<i>Avena sativa</i>)	5,0-7,5
Riso (<i>Oryza sativa</i>)	5,0-6,5
Segale (<i>Secale cereale</i>)	5,0-7,0
Frumento (<i>Triticum vulgare</i>)	6,5-7,5
<i>Leguminose</i>	
Fagiolo (<i>Phaseolus vulgaris</i>)	6,0-7,5
Trifoglio ibrido (<i>Trifolium hybridum</i>)	5,5-7,5
Trifoglio alessandrino (<i>Trifolium alexandrinum</i>)	6,0-7,5
Erba medica australiana (<i>Medicago denticulata</i>)	5,0-6,5
Trifoglio incarnato (<i>Trifolium-incarnatum</i>)	5,5-7,0
Trifoglio ladino (<i>Trifolium repens</i>)	5,6-7,0
Trifoglio rosso (<i>Trifolium pratense</i>)	6,0-7,5
Melilotto (<i>Melilotus alba</i>)	6,5-7,5
Trifoglio bianco (<i>Trifolium repens</i>)	5,6-7,0
Vigna (<i>Vigna sinensis</i>)	5,0-6,5
Arachide (<i>Arachis hypogaea</i>)	5,3-6,6
Erba medica (<i>Medicago sativa</i>)	6,2-7,8
Lupino bianco (<i>Lupinus albus</i>)	5,5-7,0
Lupino giallo (<i>Lupinus luteus</i>)	5,0-6,0
Pisello (<i>Pisum sativum</i>)	6,0-7,5
Fava (<i>Vicia faba</i>)	7,0-7,8
Soja (<i>Soja max</i>)	6,0-7,0
Veccia (<i>Vicia villosa</i>)	5,2-7,0
<i>Foraggere e colture industriali</i>	
Festuca rossa (<i>Festuca rubra</i> var. <i>fallax</i>)	5,5-6,5
Festuca pratense (<i>Festuca pratensis</i>)	4,5-7,0
Festuca ovina (<i>Festuca ovina</i>)	4,5-6,0
Loglietto (<i>Lolium italicum</i>)	6,0-7,0
Coda di volpe (<i>Alopecurus pratensis</i>)	6,0-7,5
Erba mazzolina (<i>Dactylis glomerata</i>)	6,0-7,0
Sorgo (<i>Sorghum vulgare</i>)	5,5-7,5
Agrostide (<i>Agrostis alba</i>)	5,0-6,0
Coda di topo (<i>Phleum pratense</i>)	5,5-8,0
Rapa (<i>Brassica rapa</i>)	5,5-6,8
Bietola da foraggio (<i>Beta vulgaris</i> var. <i>cicla</i>)	6,0-7,5
Bietola da zucchero (<i>Beta vulgaris</i>)	6,5-8,0
Cotone (<i>Gossypium hirsutum</i>)	5,0-6,0
Canapa (<i>Cannabis sativa</i>)	6,0-7,0
Lino (<i>Linum usitatissimum</i>)	5,0-7,0
Patata (<i>Solanum tuberosum</i>)	4,8-6,5
Girasole (<i>Helianthus annuus</i>)	6,0-7,5
Tabacco (<i>Nicotiana tabacum</i>)	5,5-7,5
Pomodoro (<i>Solanum lycopersicum</i>)	5,0-6,5

Da L. Tombesi «Elementi di scienza del suolo e di biologia vegetale» – Edagricole 1977.

IMPORTANZA AGRONOMICA DEL pH

Il **pH** del terreno è un parametro fondamentale ai fini della produzione poiché influisce sulla fertilità chimico-fisica e sull'entità della produzione stessa.

I valori ottimali da un punto di vista generale, entro i quali tale fattore deve mantenersi, sono compresi fra 6,8 e 7,2 definendosi il terreno in tale ambito, neutro. Quando il pH si trova entro i limiti prima indicati si verificano le condizioni ottimali ai fini dell'assorbimento di tutti i composti chimici importanti per la nutrizione della pianta mentre, spostandosi anche di poco verso i valori acidi o, all'opposto alcalini, variano in maniera considerevole le disponibilità dei componenti esaminati.

Il pH esercita una influenza notevole anche sulla fertilità biologica che risulta essere non meno importante della fertilità chimica. E' noto infatti che i processi di mineralizzazione della sostanza organica sono svolti dalla flora microbica presente nel terreno, così come di fondamentale importanza risultano essere i microorganismi nei processi di nitrificazione, ecc. Solo in un ambito di pH particolare per ogni specie, tali microorganismi sono in grado di agire in modo ottimale garantendo il miglior svolgimento delle reazioni suddette.

Un'azione di primaria importanza viene poi svolta dal pH nel determinare il rendimento dei fertilizzanti impiegati per la concimazione, sulla capacità di adattamento all'ambiente delle diverse specie botaniche, ecc..

Esaminiamo brevemente ora le cause che determina la reazione di un terreno.

La reazione acida può avere origine "minerale" e "organica"; la prima, a sua volta, è determinata dal fatto che le irrigazioni fatte con acque povere di sali dilavano le basi alcaline (potassio, calcio, sodio, magnesio) responsabili delle reazioni alcalinizzanti. Anche le piogge provocano un tale fenomeno che risulta più evidente nei terreni sciolti (quando non intervengono fattori, quali la dotazione di carbonato di calcio, che modificano, invertendola, la situazione).

Le colture agrarie giocano un ruolo fondamentale nel provocare il lento e progressivo inacidimento dei terreni in quanto assorbono per la loro nutrizione molte più basi alcaline che ioni acidi.

Ultimo fattore ad influenzare la reazione del terreno è la concimazione che, seppure con contributo meno significativo e duraturo dei precedenti, si somma alle altre cause di deviazione del pH dai valori di neutralità.

Dopo aver esaminato brevemente le cause della reazione del terreno si può qui ricordare che essa può essere divisa in attuale e potenziale, e che il riferimento più attendibile si riferisce a quest'ultima.

L'esigenza di determinare la reazione potenziale nasce quando si intende intervenire, con l'apporto di correttivi, per correggere il valore del pH.

La definizione dei due valori (pH attuale e pH potenziale) è quindi della massima importanza qualora si intenda correggere il valore di pH di un terreno troppo acido o troppo alcalino.

La deviazione dei valori della reazione dal range di ottimalità relativo alle diverse colture ha pesanti conseguenze sulla produttività in quanto:

- viene ridotto l'assorbimento degli elementi nutritivi disponibili;
- si ha insolubilizzazione dei fosfati;
- alcuni microelementi possono divenire tossici, soprattutto per certi tipi di colture;
- si riduce l'attività microbiologica batterica;
- la sostanza organica può venire decomposta lentamente e in modo imperfetto o può in altri casi venire accelerata la sua mineralizzazione in maniera esasperata rispetto alle esigenze delle colture.

Anche gli ioni sodio hanno una fondamentale influenza nella determinazione delle caratteristiche della reazione del terreno in quanto, quando sono presenti in terreni sciolti da cui siano stati dilavati i sali solubili, si staccano dalle particelle del terreno andando a formare carbonato sodico, sale a reazione decisamente alcalina.

Oltre alle influenze negative provocate sull'assorbimento dei composti nutritivi, l'alcalinità ha effetto sui microorganismi con conseguente rallentamento di tutte le attività di cui sono responsabili.

L'impiego dello zolfo si rende idoneo quando il terreno presenta un pH elevato in presenza di una dose elevata di calcare totale e di carbonato scambiabile.

Il gesso agricolo è invece impiegabile nei terreni dove la reazione risulta elevata, però il terreno possiede una scarsa quantità di calcare totale e di calcio di scambio.

Il gesso è inoltre utile nel caso che il sodio si presenti in proporzioni alterate sul complesso di scambio, e può in tal caso presentarsi la necessità di somministrare entrambe i correttivi.

La calce è invece utilizzabile per la correzione dei terreni acidi.

E' inoltre sempre consigliato compatibilmente con le esigenze nutritive l'apporto di concimi fisiologicamente acidi nei terreni alcalini e fisiologicamente alcalini nei terreni acidi, questo per la caratteristica che hanno di correggere in modo indiretto la reazione del substrato. Il loro uso può infatti contribuire a modificare, seppur lievemente i valori del pH.

Si deve comunque ricordare che la reazione dipende dall'equilibrio di una serie complessa di fattori sviluppatasi prima o durante l'evoluzione del terreno. Tali fattori continuano ad agire quando si cerca di modificare il pH del terreno, tendendo sempre a riportare la reazione al valore originario (habitus).

Questa attività del suolo, detto POTERE TAMPONE, vanifica quasi sempre le azioni volte a correggere il pH, quali gli apporti di calcio nei terreni acidi e di zolfo o gesso in quelli alcalini; infatti questi interventi hanno effetti immediati molto limitati (influenzano la soluzione circolante che però è in equilibrio con la fase solida) e quasi nessun effetto a medio e lungo termine.

Ne consegue che tali interventi potranno essere efficacemente ed economicamente utilizzati solo su colture intensive (floricole e orticole in serra). AGRONIX, a tale scopo consente di impostare sulla scheda cultivar una serie di condizioni che modificano la formula di calcolo dei correttivi nel caso ci si trovi in condizioni pedologiche diverse dai range di ottimalità per ogni determinata cultivar.

IL pH TAMPONE

La reazione del terreno può essere misurata anche come **pH Tampone**, infatti secondo una convenzione internazionale il pH in acqua (con rapporto terreno/acqua di 1:2,5) va indicato con <pHw 1:2,5> per differenziarlo dal pH Tampone in Cloruro Potassico indicato con <pH KCl>.

La misura del pH tampone può essere effettuata comunque quando il pH di un terreno disperso sia in una soluzione di KCl che di Cloruro di Calcio. Questa misura ha senso esclusivamente per i terreni acidi e viene effettuata al fine di valutare la presenza di acidità potenziale, facente parte del citato POTERE TAMPONE del terreno, che si potrebbe liberare una volta rimossa l'acidità attuale, misurata con il pH in acqua.

Il pH tampone è sempre più basso del pH in acqua di circa un punto.

Nel tempo la misura del pH tampone in KCl ha perso la sua originaria importanza ed oggi ha un interesse più limitato che in passato essendo stato sostituito dal pH tampone di Woodruff <pH Woodruff> definito anche fabbisogno in calce.

Questo dato si ottiene misurando il pH dopo dispersione del terreno in una apposita soluzione ed esprime il contenuto del terreno in ioni H^+ , calcolato con la seguente relazione matematica:

$$H^+ = 10 * (7 - pH \text{ Woodruff})$$

Tale informazione è utile per la stima della capacità di scambio cationico (H^+) e viene utilizzata per calcolare il fabbisogno in calcio espresso in quintali ad ettaro di carbonato di calcio ($CaCO_3$) con l'utilizzo della seguente espressione matematica:

$$CaCO_3 = 15 * H^+$$

AGRONIX richiede che venga inserito il valore del pH Tampone in KCl solo quando viene inserito un valore di pH in acqua inferiore a 6,6, poiché il range di valori da 6,6 a 7,3 individua uno stato di neutralità.

LA SOSTANZA ORGANICA

Il valore richiesto dal sistema è la percentuale (%) di sostanza organica presente nel terreno.

Il dato si ricava analiticamente in laboratorio effettuando la determinazione per ossidazione della sostanza organica in condizioni standardizzate con dicromato di potassio in presenza di acido solforico e nella retrotitolazione del dicromato di potassio che non ha reagito. In tali condizioni tutto il carbonio organico viene ossidato e considerando un contenuto medio in carbonio organico della sostanza organica del 58% si introduce la relazione:

$$S.Org = C. org. * 1,72$$

Dal dosaggio sono esclusi il carbonio inorganico e il carbonio contenuto in composti ad alta condensazione.

AGRONIX chiede che venga inserito come input la sostanza organica, che è il valore riportato normalmente sul certificato di analisi ed esegue il calcolo del carbonio organico che viene subito visualizzato a video.

La presenza di sostanza organica nel terreno costituisce un indispensabile fattore di fertilità chimica, chimico-fisica e microbiologica. Essa infatti è in grado di modificare la capacità di trattenuta per l'acqua, la qual cosa rappresenta un importante vantaggio nei terreni prevalentemente sabbiosi.

La sostanza organica e gli acidi umici in essa contenuti costituiscono il substrato ideale per lo sviluppo dei microorganismi utili del terreno. Recentemente infatti si è intensificato l'interesse nei confronti di questi organismi viventi per tutte le favorevoli ripercussioni che causano nel mondo vegetale e molte industrie e laboratori producono fertilizzanti organici e mistoorganici inoculati e/o inoculanti microbici anche allo stato puro e in diverse forme.

La sostanza organica conseguentemente ai processi di mineralizzazione sviluppa sostanze quali acido carbonico e acido nitrico che contribuiscono alla solubilizzazione ed alla idrolisi di sostanze presenti nel terreno in forme non direttamente assimilabili.

L'incremento della concentrazione carbonica nell'aria che si realizza durante il processo di degradazione della sostanza organica provoca indirettamente un incremento delle funzioni clorofilliane che stanno alla base dello sviluppo ed accrescimento delle colture.

La sostanza organica inoltre aumenta la capacità di scambio cationica del terreno, poiché i colloidi organici possiedono una capacità di scambio cationica superiore a quella dei colloidi minerali (circa 250 meq/100 gr.), possiede una attività chelante nei confronti di alcuni importanti elementi, quali la P₂O₅ (anidride fosforica) e diversi microelementi ed infine esercita un'azione tampone nei confronti di alcuni squilibri tra i principali anioni e cationi migliorando le funzioni del complesso di scambio.

In questi ultimi anni il problema del depauperamento della sostanza organica dei terreni si sta facendo sentire con sempre maggiore intensità. Bisogna considerare infatti che a causa di diversi fattori e della sempre più diffusa pratica agronomica che spesso non prevede rotazioni tra le diverse specie vegetali coltivate i terreni agricoli sono destinati a subire una sottrazione di sostanza organica senza che questa venga poi reintegrata in qualche modo e ciò con conseguenze negative per la produttività degli stessi.

La fertilità del terreno è una risultante alla cui formazione concorrono vari fattori fisici, fisico-chimici e microbiologici. Alla regolazione ed armonizzazione di tutti questi elementi concorre in modo determinante la sostanza organica nella sua forma di humus stabile che è la forma migliore e più utile dal punto di vista agronomico.

E' utile, a questo punto, chiarire alcuni concetti per meglio comprendere i termini del problema; iniziamo quindi con esaminare le differenze tra:

- sostanza organica fresca
- sostanza organica libera
- humus.

La **sostanza organica fresca** è costituita dai residui vegetali ed animali, in stato di non grande suddivisione, che mantengono ancora la loro struttura originaria: sono infatti ancora riconoscibili come residui di paglie, stocchi, foglie. Tali residui non sono in genere perfettamente incorporati nel terreno e spesso sfuggono anche ad un corretto campionamento.

La **sostanza organica libera** è costituita dalle sostanze che provengono dal processo di decomposizione della sostanza organica iniziale (idrati di carbonio, sostanze proteiche, ecc.) e che svolgono un ruolo importantissimo nella formazione della struttura del terreno, favoriscono la decomposizione dei minerali, facilitano le reazioni di cambio e, infine, vengono in parte rapidamente mineralizzate completamente liberando CO_2 , H_2O , NH_3 , PO_4^{--} , SO_4^{--} , contribuendo anche alla respirazione del terreno.

Da ultimo consideriamo l'**humus** che non è una entità ben definita ma un complesso di composti che, tutti insieme, concorrono alla sua formazione.

L'humus vero e proprio, o humus stabile, è un complesso di sostanze che provengono dalla demolizione della sostanza organica e dalla sintesi operata dai microrganismi, utilizzando i prodotti del processo di demolizione attraverso il loro metabolismo. L'insieme dei composti chimici così formati non subisce facilmente la mineralizzazione ma tale fenomeno avviene in tempi lunghi rifornendo così la pianta continuamente delle sostanze nutritive che le sono necessarie.

La sostanza organica originaria non utilizzabile viene così trasformata in una riserva di composti utilizzabili dalle colture per le loro esigenze nutritive, e contemporaneamente, si ha un insieme di sostanze che svolgono anch'esse un ruolo importantissimo nella formazione della struttura, nell'aumentare la capacità di scambio cationico, nello stimolare il metabolismo delle piante, ecc.

L'azione dell'humus può quindi trasformare i terreni argillosi, umidi, asfittici e compatti, in terreni soffici, facilmente lavorabili, permeabili all'aria e all'acqua e può altresì dare consistenza ai terreni sabbiosi incoerenti.

A seconda dell'ambiente in cui avviene la trasformazione della sostanza organica (aerobico, anaerobico, calcareo, acido, ecc.) si hanno prodotti diversi con caratteristiche di utilità per colture completamente differenti.

Sarebbe molto utile quindi determinare, con l'analisi chimica, lo stato di trasformazione della sostanza organica in modo da intervenire, se è il caso, con tecniche opportune, tali da sfruttare al massimo quella risorsa che purtroppo, nei terreni italiani, se non si adotteranno particolari pratiche agronomiche, è destinata a diminuire sempre di più.

La presenza di sostanza organica nel terreno condiziona l'attività microbiologica e la presenza di batteri, funghi, alghe, protozoi, etc. Infatti la presenza nel terreno degli elementi chimici costituisce solo una parte della fertilità integrale che risulta composta dalla fertilità chimica, fisica e biologica.

I vari gruppi della microflora terricola condizionano, con la loro presenza, tutte le attività chimiche. Infatti il terreno è un substrato biologicamente attivo nel quale questi microrganismi contribuiscono alla formazione ed alla conservazione della sua fertilità.

Un suolo privo di microrganismi sarebbe un substrato inerte non in grado di ospitare forme di vita vegetale perché incapace di fornire ad esse una corretta nutrizione.

I microrganismi presenti nei terreni agrari si possono così suddividere:

- **BATTERI**

Costituiscono il gruppo che maggiormente incide sulla fertilità, si distinguono a loro volta in aerobi e anaerobi e particolarmente importante è il loro ruolo nel ciclo dell'azoto (batteri ammonizzanti, nitrificanti, denitrificanti, etc.). Hanno inoltre una importante funzione nella simbiosi che si stabilisce tra piante leguminose e batteri azotofissatori (Azotobacter). Nell'ambito della degradazione della sostanza organica esistono diversi ceppi di batteri specializzati nella degradazione dei diversi componenti: Ligninolitici, cellulolitici, etc...

- **ATTINOMICETI**

Sono organismi intermedi tra i batteri e i funghi e sono in grado di produrre vitamine e antibiotici.

- **FUNGHI**

La loro funzione principale nel terreno è quella di avviare le degradazioni dei residui organici. Hanno un ruolo molto importante nella simbiosi micorrizica che si stabilisce tra alcuni funghi e le radici delle piante (piante tartufigene).

- **PROTOZOI**

Sono microorganismi che si nutrono di batteri. Hanno pertanto un'azione di selezione della popolazione batterica che può anche causare alcuni gravi squilibri specialmente in condizioni particolari di umidità e aerazione del terreno anormali che possono essere provocate ad esempio da lavorazioni di terreni argillosi quando questi non si trovano in "tempera".

- **ALGHE**

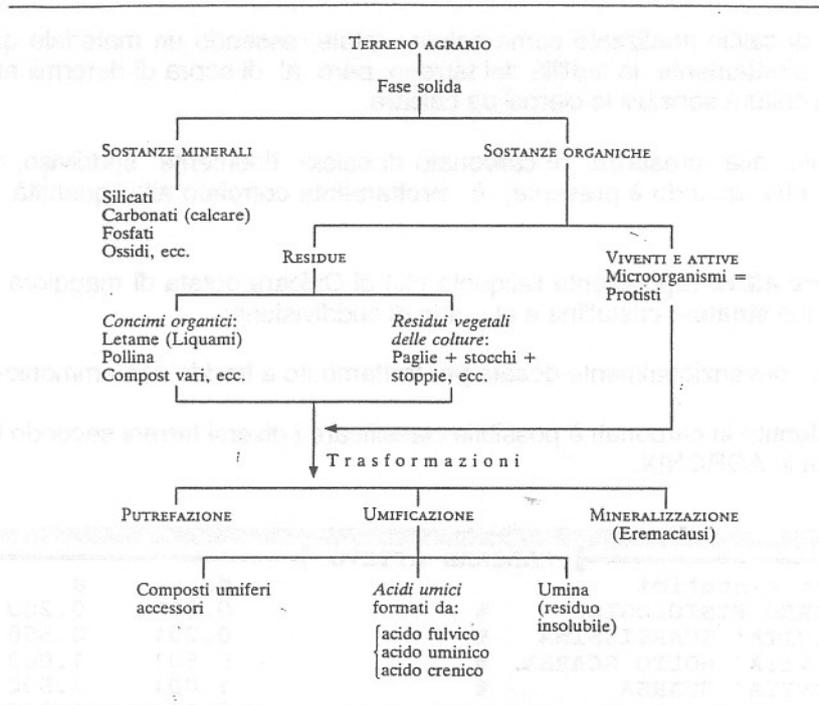
Sono organismi, la cui attività influenza positivamente la struttura, la disponibilità di azoto e l'attività delle radici mediante la produzione di sostanze stimolanti (enzimi e cofattori).

Tra le numerose specie di microorganismi e tra queste e il terreno, si stabilisce un complesso equilibrio biologico soggetto ad una continua evoluzione e a fluttuazioni stagionali poiché influenzato da diversi fattori quali:

- La temperatura
- L'umidità
- Le caratteristiche strutturali del terreno
- La reazione in pH
- Il tipo e l'entità della sostanza organica presente
- Il contenuto in elementi nutritivi
- Gli interventi colturali effettuati (lavorazioni, irrigazione, fertilizzazione, etc.)

Tali fattori incidono in maniera variabile sulla consistenza e sulla composizione della popolazione microbica e quindi spesso nei terreni si verificano condizioni che provocano uno squilibrio microbiologico, questo comporta di conseguenza un alterato biochimismo che si ripercuote con effetti positivi e/o negativi sulla fertilità del terreno medesimo e quindi sulla sua produttività.

LE SOSTANZE ORGANICO-UMICHE DEL TERRENO AGRARIO
(da L. SANTONI, "Conoscere il terreno", 1981)



Proprietà generali dell'humus e i suoi effetti sul suolo		
Proprietà	Osservazioni	Effetto sul suolo
Colore	Il colore scuro è dato dalla SO	Può facilitare il riscaldamento
Ritenzione H ₂ O	La SO può trattenere H ₂ O fino a 20 volte il suo peso	Evita essiccamenti e fessurazioni
Combinazione con i materiali argillosi	La SO si cementa con la parte minerale in aggregati	Permette scambi di gas, stabilizza la struttura, migliora la permeabilità
Chelazione	Forma complessi con Fe, Mn, Cu, Zn e altri	È una riserva di micronutrienti
Solubilità in H ₂ O	Associata all'argilla è insolubile e protegge i cationi. Isolata è in parte solubile	Solo piccole quantità di SO sono perse per lisciviazione
Azione tampone	Ha un forte potere tampone	Mantiene uniformità di reazione
Capacità di scambio cationica	L'acidità totale varia tra 300 e 1.400 meq/100 g	Accresce la Csc del suolo
Mineralizzazione	La sua decomposizione dà: CO ₂ , NH ₄ ⁺ , NO ₃ ⁻ , PO ₄ ³⁻ , SO ₄ ²⁻	Fornisce elementi nutritivi per le piante
Combinazione con le molecole organiche	Influenza la biodegradabilità, la persistenza dei pesticidi e la loro attività	Modifica l'attività di applicazione dei pesticidi nel suolo

Fonte: Stevenson, 1982.

IL CALCARE TOTALE E ATTIVO

AGRONIX chiede che gli venga fornito in input il valore in % del **Calcare totale** presente nel terreno; tale valore viene determinato in laboratorio con apposite attrezzature (calcimetri di diverso tipo) che in pratica permettono di quantificare volumetricamente la CO₂ che si sprigiona da un campione di terreno in seguito all'aggiunta di acido cloridrico.

Il valore analizzato esprime in effetti la totalità dei carbonati, siano essi di calcio, di magnesio o di sodio e sarebbe meglio espresso con il termine di "CARBONATI TOTALI".

Il carbonato di calcio analizzato come calcare totale, essendo un materiale quasi inerte non influenza direttamente la fertilità del terreno, però al di sopra di determinati limiti, può determinare in colture sensibili le clorosi da calcare.

Infatti il Calcare attivo rappresenta l'aliquota (%) di Calcare dotata di maggiore reattività in relazione alla sua struttura cristallina e al grado di suddizione. Tale aliquota è convenzionalmente dosata per trattamento a freddo con ammonio-ossalato.

In base al contenuto in carbonati è possibile classificare i diversi terreni secondo la seguente tabella adottata in AGRONIX:

CALCARE TOTALE			
Giudizi sintetici		da	a
ACALCAREO	%	0.000	1.000
QUASI ACALCAREO	%	1.000	2.000
MOLTO POVERO	%	2.000	5.000
POVERO	%	5.000	10.000
SUFFICIENTE	%	10.000	20.000
OTTIMALE	%	20.000	30.000
LEGGERMENTE ELEVATO	%	30.000	45.000
ELEVATO	%	45.000	60.000
MOLTO ELEVATO	%	60.000	80.000
ECESSIVAMENTE CALCAREO	%	80.000	100.000

METODO: DETERMINAZIONE GASVOLUMETRICA MEDIANTE CALCIMETRO DE ASTIS

In base al contenuto in carbonati è possibile classificare i diversi terreni secondo la seguente tabella adottata in AGRONIX:

		CALCARE ATTIVO	
Giudizi sintetici		da	a
ACALCAREO FISILOGICO	‰	0.000	0.200
QUASI ACALCAREO	‰	0.200	0.500
CALCARE POCO REATTIVO	‰	0.500	1.000
BASSA REATTIVITA' CALCARE	‰	1.000	2.500
SUFFICIENTEMENTE CALCAREO	‰	2.500	5.000
LEGGERMENTE ELEVATO	‰	5.000	8.500
MEDIAMENTE ELEVATO	‰	8.500	13.000
ELEVATO	‰	13.000	18.000
MOLTO ELEVATO	‰	18.000	22.000
ECESSIVAMENTE ELEVATO	‰	22.000	100.000

METODO: TITOLAZIONE A FREDDO CON OSSALATO DI AMMONIO IN ECCESSO

In linea di massima, già valori di calcare attivo superiori al 4-5% sono da considerarsi negativi, in quanto tali da compromettere l'assorbimento di fosforo e ferro da parte delle piante. A tale azione <clorosante> sono particolarmente sensibili le specie arboree, che in funzione del portinnesto impiegato hanno diverse esigenze e range di adattamento al contenuto di calcare attivo.

Nei casi in cui i terreni dispongono di una notevole presenza di calcare attivo si possono determinare gra gli elementi nutritivi degli antagonismi specialmente a svantaggio di potassio, magnesio oltre alle anzidette reazioni di insolubilizzazione a svantaggio di ferro, manganese e fosforo.

Al fine di ovviare a tali inconvenienti può essere adoperato lo zolfo e può essere sfruttata l'azione dell'anidride carbonica presente nel substrato. Questa può inoltre essere incrementata con l'apporto di sostanza organica che riesce con la sua demolizione a produrne in buona quantità.

LA CONDUCIBILITA' ED IL CONTENUTO IN SALI SOLUBILI

Il contenuto in sali solubili del terreno può essere determinato misurando la conduttività elettrica in mmhos/cm a 25° C dell'estratto acquoso 1:2 di un campione di terreno.

Il contenuto in sali solubili nel terreno fornisce la misura degli elementi nutritivi assimilabili presenti in esso. In base al valore di conducibilità da estratto acquoso (EC_{1:2}) si può valutare la fertilità chimica del terreno in funzione della seguente tabella:

EC _{1:2} mmhos/cm a 25° C	Valutazione della fertilità chimica del terreno
< 0,2	Scarsa, terreno lisciviato
0,2 – 0,8	Terreno fertile
0,8 – 1,2	Terreno ben fertilizzato per un'ottima crescita delle colture
> 1,2	Probabile contenuto critico in sali solubili per la coltivazione di colture sensibili alla salinità

Infatti quando il terreno non presenta sali solubili, la conduttività elettrica dell'estratto acquoso del terreno è determinata dal potere elettrolitico degli elementi fertilizzanti presenti e quindi la stessa è un buon indicatore del grado di fertilità chimica del terreno.

L'incremento della conducibilità tramite l'introduzione di sali disciolti o facilmente solubili, comporta un aumento della tensione della soluzione che oltre un certo limite determina l'impossibilità di assorbire acqua e nutrienti da parte della pianta.

La conducibilità da estratto acquoso 1:2 è legata alla conducibilità su estratto di pasta satura dalla seguente relazione:

$$EC_e = EC_{1:2} * 200 / SP$$

dove SP indica la saturazione percentuale del terreno che a sua volta è dipendente dal tipo di Tessitura, come è evidenziato nella seguente tabella:

Classe di tessitura	Saturazione percentuale in % del peso secco del terreno
Sabbiosa	15 ÷ 20
Franco-sabbiosa	20 ÷ 30
Franca	30 ÷ 45
Franco-limosa	30 ÷ 50
Franco-argillosa	45 ÷ 60
Argillosa	55 ÷ 90
Umifera	75 ÷ 110

Quando nel terreno c'è presenza di sali solubili in eccesso è necessario osservare i valori della conducibilità dell'estratto saturo.

Per effettuare la diagnosi di salinità si deve tener conto della EC_e poiché a parità di contenuto salino devono essere considerate anche le diverse capacità di campo. E' la capacità di campo infatti che regola le concentrazioni saline e pertanto le pressioni osmotiche della soluzione circolante in maniera inversamente proporzionale al suo valore.

Il sistema chiede che venga inserito il valore della conducibilità da estratto acquoso 1:2, ma se si fosse in possesso solo del valore della conducibilità da estratto saturo è possibile inserire anche detto valore, poiché il sistema è in grado di risalire al valore della conducibilità ($EC_{1:2}$) utilizzando la formula matematica prima enunciata.

Il valore della conducibilità è una informazione obbligatoria in quanto necessaria al sistema per valutare la necessità di eventuali correzioni con gesso e/o zolfo finalizzate all'allontanamento di sali solubili.

Il sistema utilizza tale informazione anche per tener presente l'eventuale riduzione di produttività che può derivare da eccessi di salinità del substrato.

LA CAPACITA' DI SCAMBIO CATIONICO

La **capacità di scambio cationico** rappresenta il potere che ha il terreno di trattenere i cationi di scambio quali: calcio, magnesio, potassio, sodio, e nel caso di terreni acidi anche l'idrogeno. In tal modo tramite le capacità di trattenimento vengono evitate le perdite per lisciviazione, permettendo quindi gli scambi in equilibrio con la soluzione circolante e conseguentemente favorendo la nutrizione delle piante.

La capacità di scambio cationico è legata al contenuto di sostanza organica e argilla del terreno; infatti aumentando la dotazione organica e/o il contenuto in materiali argillosi (colloidi) aumenta proporzionalmente la CSC.

I diversi gruppi di materiali argillosi e organici influiscono in modo diverso alla determinazione del livello di CSC totale del terreno.

Nelle argille ad esempio si passa dai 40 meq/100 g. delle caoliniti ai 200 meq/100 g. delle montmorilloniti. Per i terreni agrari, generalmente valori di 20-25 meq/100 g. sono da considerarsi sufficienti, mentre con valori inferiori ai 15-20 meq/100 g. si possono prevedere perdite per lisciviazione di elementi nutritivi; valori intorno ai 25-40 meq/100 g. si considerano ottimali, mentre valori elevati, cioè superiori ai 40-45 meq/100 g. mentre da una parte evitano qualsiasi perdita di elementi nutritivi, dall'altra rendono più difficile la nutrizione delle piante aumentando la competizione tra terreno e pianta a causa di una spesa energetica superiore per effettuare lo scambio cationico tra radice e terreno.

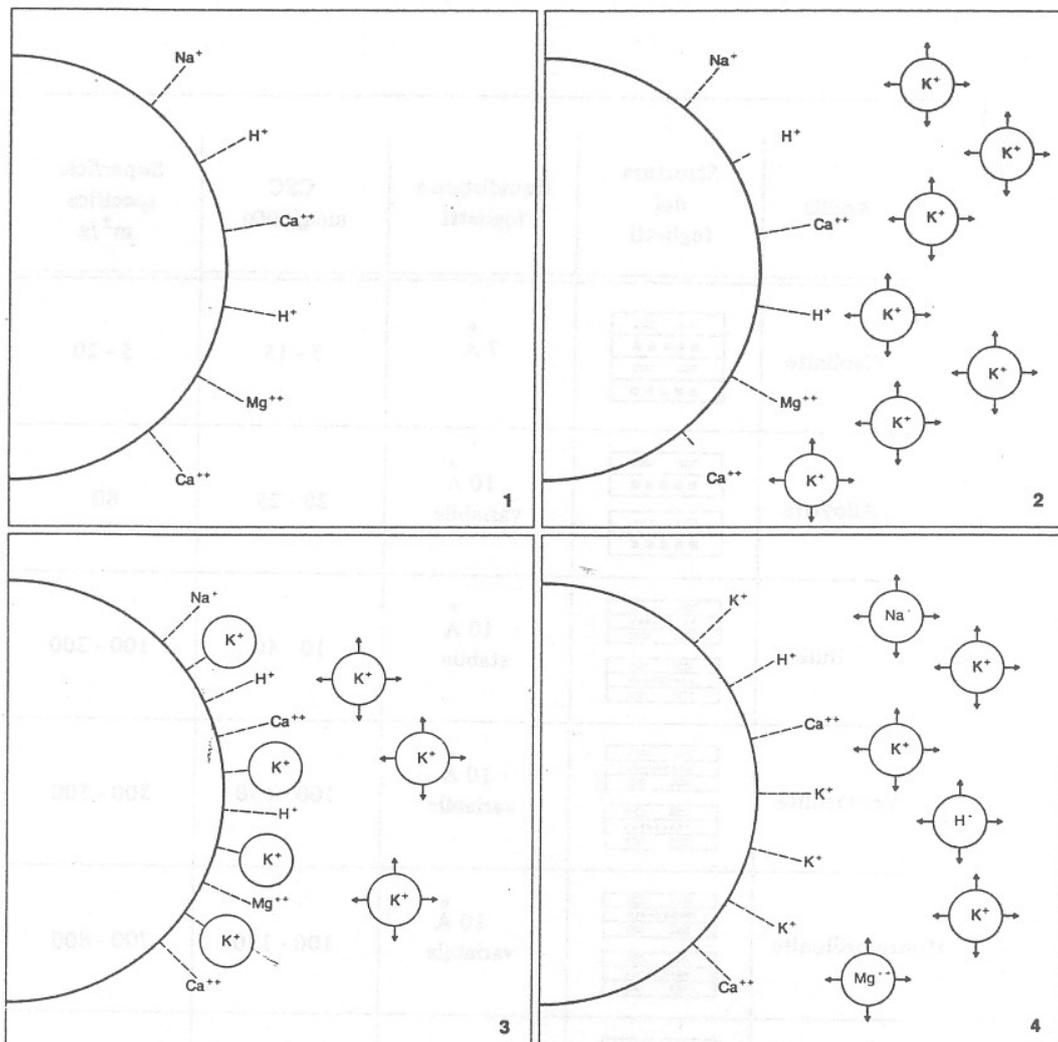
AGRONIX chiede che venga inserito il valore della CSC totale analizzata con il metodo a saturazione con catione saturante il bario (solfato di bario); l'impiego di differenti ioni saturanti (quale ad esempio l'acetato di ammonio) può infatti fornire dei risultati differenti a causa delle variazioni che possono esistere nella dimensione dei cationi, nel loro grado di idratazione e nella loro carica elettrica, fattori tutti suscettibili di influire sul meccanismo di scambio cationico.

Il valore della CSC totale è di fondamentale importanza sia per l'esecuzione dei calcoli del piano di fertilizzazione che per eseguire una corretta interpretazione agronomica dei diversi cationi scambiabili.

Qualora non venisse effettuata l'analisi di detto parametro, lo stesso si può ricavare in due modi diversi:

- Facendolo coincidere con la somma dei cationi di scambio analizzati (Ca^{++} , Mg^{++} , Na^+ , K^+ , H^+)
- Eseguito il seguente calcolo $\text{CSC} = (53 \cdot \text{Argilla}) + (200 \cdot \text{Sostanza Organica}) + (0,05 \cdot \text{Sabbia}) + (3,6 \cdot \text{Limo})$

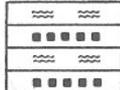
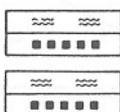
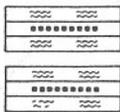
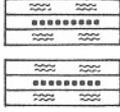
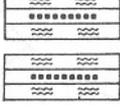
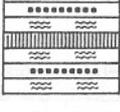
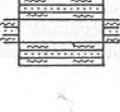
Nel calcolo di cui sopra si suppone una CSC media dei materiali argillosi di 53 meq/100 g. poiché la maggior parte dei terreni italiani sono costituiti da caoliniti e/o vermiculiti, oppure da miscele delle anzidette argille. Inoltre si suppone che la Sostanza organica analizzata si trovi in un buono stato di umificazione.



Meccanismo dello scambio ionico. Le cariche negative dello scambiatore sono neutralizzate da ioni positivi adsorbiti in superficie (1). Questi non sono strettamente vincolati, ma oscillanti nei dintorni della superficie formando uno strato diffuso (2). Quando lo scambiatore è a contatto con una soluzione contenente ioni positivi, alcuni di essi arrivano in vicinanza della superficie dello scambiatore, tanto da risentire dell'attrazione delle cariche negative (3) e rimangono legati. Ioni in precedenza legati (Na^+ , H^+ , Mg^{++}), si staccano così da rispettare la neutralità di carica (4). Nei terreni di climi aridi si può avere accumulo di sali solubili, soprattutto di sodio. La presenza di sodio nel complesso di scambio comporta una maggior rigonfiabilità delle argille.

Per una opportuna controprova possono essere effettuati entrambi i calcoli e successivamente decidere, all'interno del range, il valore più idoneo (eventualmente intermedio) da inserire nel sistema.

Di seguito vengono riportati per opportuna conoscenza, i valori di CSC (in meq/100 g.) relativi a diverse tipologie di materiali argillosi.

Argilla	Struttura dei foglietti	Equidistanza foglietti	CSC meq/100g	Superficie specifica m ² /g
Caolinite		7 Å	3 - 15	5 - 20
Alloysite		10 Å variabile	20 - 25	80
Illite		10 Å stabile	10 - 40	100 - 200
Vermiculite		10 Å variabile	100 - 150	300 - 500
Montmorillonite		10 Å variabile	100 - 130	700 - 800
Clorite		14 Å	10 - 15	100 - 200
Attapulгите			20 - 30	

~ ~ Tetraedri

• • • • • Ottaedri

||||| Magnesio

- Caratteristiche e proprietà dei principali minerali argillosi.

IL CONTENUTO IN CALCIO SCAMBIABILE

Nella serie cationica degli elementi fitonutritivi, il **Calcio** forma insieme al magnesio una coppia molto importante per lo sviluppo delle colture.

E' importante constatare che un eccesso dell'uno deprime l'assorbimento dell'altro, tanto che i due elementi possono in parte rimpiazzarsi vicendevolmente sia nel terreno che nella pianta; il calcio determina inoltre antagonismo nei confronti del potassio, infatti un eccesso di calcio può determinare minore disponibilità degli ioni potassio (vedi rapporto Ca/Mg).

Premesso che la sofferenza che le colture mostrano nei terreni acidi deriva soprattutto dalla carenza di calcio assimilabile; è opportuno sottolineare anche che un eccesso di calcio può portare a fenomeni di clorosi.

Il calcio interviene nel generale metabolismo vegetale regolando lo stato colloidale del protoplasma con risultati antagonistici a quelli determinati dal potassio per quanto riguarda i processi di traspirazione e l'equilibrio idrico; a differenza del potassio il calcio favorisce la concentrazione del plasma aumentando la traspirazione e rallentando l'assorbimento dell'acqua.

In linea generale il calcio condiziona sempre direttamente e/o indirettamente lo sviluppo delle colture agrarie. Tale influenza si spiega con l'azione indiretta che il calcio manifesta sulla concentrazione idrogenionica del terreno. La reazione anomala dei terreni dipende infatti da una carenza o da una presenza troppo massiccia dello ione calcio.

Il calcio viene assorbito dalle piante come ione Ca^{++} , si trova nei tessuti più adulti nei quali aumenta la resistenza meccanica ed è di vitale importanza nei punti di crescita (meristemi apicali).

AGRONIX chiede che venga inserito il valore del calcio scambiabile in ppm oppure in meq/100 g., l'inserimento del dato è obbligatorio, poiché di fondamentale importanza nelle fasi di calcolo successive.

Il sistema provvede automaticamente a convertire il valore da meq/100 g. a ppm o viceversa a seconda di come viene inserito dall'utente e calcola immediatamente dopo l'inserimento di tutti i dati relativi ai cationi scambiabili, il valore delle rispettive percentuali.

Durante le fasi di elaborazione vengono calcolate infatti le dosi di fertilizzanti necessarie a ripristinare un corretto equilibrio percentuale tra i vari cationi di scambio.

Per opportuna informazione si può fare riferimento ai seguenti range di valori ottimali:

Calcio	: 65 – 85%
Magnesio	: 6 – 12%
Sodio	: 4 – 5%
Potassio	: 2 – 6%
Idrogeno	: 10 – 25%

IL CONTENUTO IN MAGNESIO SCAMBIABILE

Il **Magnesio**, assorbito dalle piante come ione Mg^{++} , ha un ruolo biologico molto importante nella nutrizione vegetale poiché è un costituente della clorofilla, un attivatore di molti enzimi e partecipa cospicuamente alla nutrizione vegetale mostrando una particolare interazione positiva (sinergismo) con l'azoto, soprattutto nitrico ed una particolare interazione negativa (antagonismo) con il potassio.

Esso ha però altre numerose funzioni, tra le quali:

- Aumenta, assieme a Zn, Cu e Mn la resistenza al freddo da parte delle piante;
- Facilita l'assorbimento del fosforo e il suo trasferimento nelle diverse parti della pianta;
- Partecipa alla formazione di numerosi pigmenti responsabili del colore di foglie e frutti;
- Entra nella composizione della fitina (proteina con funzione di riserva contenuta nei semi);
- Interviene nei processi di sintesi proteica ed entra a far parte della struttura dei ribosomi;
- Funge da catalizzatore nella sintesi dei grassi e sul loro accumulo negli organi di riserva;
- Influisce nell'attività delle fosfatasi e quindi nel metabolismo cellulare energetico.

Il magnesio si trova in tutti i tessuti vegetali ed in particolare in quelli in corso di differenziazione, negli apici vegetativi, nei frutti e nei semi; l'organo più ricco è comunque la foglia, che ne contiene in misura sempre maggiore a quella necessaria per la formazione della clorofilla.

In natura il magnesio non si trova libero ma deriva dai minerali dopo un processo di disgregazione ad opera di agenti chimici, fisici e biologici. Le sorgenti più importanti di magnesio sono la dolomite, la magnesite, la kieserite, la kainite e vari tipi di silicati.

Giova ricordare che, oltre alla carenza dovuta a "deficienza assoluta" di magnesio, specie nelle colture ortofrutticole, si evidenzia un tipo di carenza legata a "deficienze indotte", dovute cioè ad eccesso nel terreno di altri cationi, in genere il potassio, che determinano antagonismo ionico. In altre parole, insieme alla "deficienza assoluta" di magnesio, dovuta al suo basso livello scambiabile nel terreno, si possono riscontrare anche "deficienze indotte" che dipendono dalla inadeguata concentrazione idrogenionica del terreno (pH) e soprattutto da elevate quantità di potassio e/o di calcio scambiabile che agiscono come fattori concomitanti.

In pratica può avvenire, in mancanza di un corretto equilibrio ionico, una assimilazione preferenziale verso il potassio ed apporti di potassio eccessivi possono a volte esteriorizzare una carenza magnesiacca latente, ma già dannosa prima della sua messa in evidenza sotto forma di clorosi generalmente internervale.

La concentrazione di magnesio utilizzabile dalle piante e conseguentemente la capacità del terreno a soddisfare le esigenze delle colture risulta pertanto determinata dal livello di magnesio scambiabile nel terreno e dalla interazione che tale livello presenta rispetto agli altri cationi scambiabili.

AGRONIX chiede che venga inserito il valore del magnesio scambiabile in ppm oppure in meq/100 g., l'inserimento del dato è obbligatorio poiché di fondamentale importanza nelle fasi di calcolo successive.

Il sistema provvede automaticamente a convertire il valore da meq/100 g. a ppm o viceversa a seconda dell'unità di misura scelta per l'inserimento dall'utente e calcola, immediatamente dopo l'inserimento di tutti i dati relativi ai cationi scambiabili, il valore delle rispettive quote percentuali.

Per opportuna informazione si può fare riferimento ai seguenti range di valori ottimali:

Calcio	: 65 – 85%
Magnesio	: 6 – 12%
Sodio	: 4 – 5%
Potassio	: 2 – 6%
Idrogeno	: 10 – 25%

Il valore analitico relativo al magnesio scambiabile viene valutato dal sistema in funzione del livello di CSC, che in pratica (in terreni non eccessivamente organici) dipende quasi esclusivamente dal contenuto in argilla del suolo.

Si riporta di seguito una tabella di riferimento che tiene conto del contenuto in argilla:

VALUTAZIONE DEL LIVELLO DI MgO SCAMBIABILE IN RELAZIONE AL CONTENUTO DI ARGILLA
(colture industriali, cereali, foraggere)

Contenuto in argilla	Minimo di MgO scambiabile auspicabile
Meno del 10%	70 – 80 ppm
Dal 10 al 15%	80 – 100 ppm
Dal 15 al 25%	100 – 130 ppm
Dal 25 al 35%	130 – 170 ppm
Oltre 35%	oltre 170 ppm

Durante le fasi di elaborazione, il sistema calcola le dosi di fertilizzanti necessarie a ripristinare un corretto equilibrio percentuale tra i vari cationi di scambio in funzione del livello di CSC.

IL CONTENUTO IN POTASSIO SCAMBIABILE

Il **Potassio** è tra gli elementi chimici più diffusi in natura; esso si trova sempre in forma combinata in numerosi silicati e minerali di origine evaporitica. I minerali più importanti da cui viene estratto sono la silvite, la carnallite, la kainite e la langbeinite.

Il potassio nel terreno agrario gioca un ruolo molto importante ai fini della fertilità e delle produzioni; esso si ritrova nel suolo in quattro forme diverse:

- potassio inglobato nei reticoli cristallini minerali
- potassio fissato sulle micelle argillose
- potassio scambiabile sul complesso assorbente
- potassio solubilizzato nella soluzione circolante

Le prime due forme sono legate fortemente alla fase solida e quindi difficilmente assimilabili da parte delle piante (potassio non disponibile e potassio poco prontamente disponibile), le altre due forme si riferiscono al potassio prontamente disponibile e si trova nel terreno in una condizione di equilibrio dinamico in funzione di diversi parametri (pH, conducibilità, tessitura, etc.).

Questo equilibrio dinamico che si instaura nel terreno è molto spostato verso la sottrazione di potassio dal terreno, sia per asportazioni che per dilavamenti, che dovrà essere necessariamente reintegrato con le concimazioni, per permettere alle piante di disporre delle quantità sufficienti dello ione K^+ .

L'analisi del terreno prevede una estrazione del potassio scambiabile presente nel campione esaminato; la determinazione della quantità estratta dopo le opportune reazioni (vedere metodo ufficiale di analisi del suolo) viene effettuata tramite spettrofotometro.

AGRONIX chiede che venga inserito il valore del potassio scambiabile in ppm oppure in meq/100 g., l'inserimento del dato è obbligatorio, poiché di fondamentale importanza nelle fasi di calcolo successive.

Il sistema provvede automaticamente a convertire il valore da meq/100 g. a ppm o viceversa a seconda di quale delle due unità di misura viene inserito dall'utente e calcola immediatamente dopo l'inserimento di tutti i dati relativi ai cationi scambiabili, il valore delle rispettive quote percentuali.

Per opportuna informazione si può fare riferimento ai seguenti range di valori ottimali:

Calcio	: 65 – 85%
Magnesio	: 6 – 12%
Sodio	: 4 – 5%
Potassio	: 2 – 6%
Idrogeno	: 10 – 25%

Il sistema valuta e giudica il contenuto in potassio scambiabile secondo il metodo degli standard dinamici, in funzione del livello di CSC, che in pratica (in terreni non eccessivamente organici) dipende quasi esclusivamente dal contenuto in argilla del suolo.

La valutazione del contenuto in potassio tiene conto anche dei contenuti in magnesio del terreno; a tal fine viene esaminato il rapporto magnesio/potassio (Mg/K) calcolato dividendo il valore del magnesio per quello del potassio (espressi in meq/100 g.).

Il valore del rapporto Mg/K viene proposto a video subito dopo il calcolo con accanto il giudizio relativo.

Il potassio nella pianta è di fondamentale importanza per diversi aspetti della fisiologia vegetali, quali:

- la dinamica dell'alimentazione idrica ed i meccanismi di turgescenza cellulare;
- i processi di formazione dell'amido ed i fenomeni di traslocazione degli zuccheri;
- la fotosintesi clorofilliana;
- la sintesi proteica e il metabolismo delle sostanze azotate;
- la respirazione ed il metabolismo dei glucidi e degli acidi organici;
- l'attivazione enzimatica.

Il potassio assume una particolare importanza nei fenomeni di assorbimento idrico legati ai processi di traspirazione ad opera della permeabilità cellulare; la sua presenza, riducendo la traspirazione, aumenta considerevolmente il fenomeno della turgescenza cellulare. In caso di potassio-carenza l'aumento della traspirazione eleva i fabbisogni idrici e la pianta va più facilmente incontro al fenomeno dell'appassimento.

Il potassio inoltre possiede una elevata mobilità nei tessuti potendo passare facilmente dai tessuti più vecchi a quelli più giovani. La sua giusta presenza aumenta il rapporto radici/parte aerea e favorisce l'utilizzazione dell'anidride carbonica nel processo fotosintetico per mezzo di una maggiore mobilità dell'energia luminosa che attiva tra l'altro la circolazione delle sostanze nutritive primarie.

La quantità di potassio assorbita dalla pianta è rilevante; è in pratica l'elemento maggiormente assorbito dalla pianta; esso influenza positivamente le qualità organolettiche delle produzioni agricole quali, sapore, colore e profumo dei frutti.

Nel caso di potassio-carenza si osserva nei vegetali una profonda disorganizzazione del metabolismo, dovuta all'insufficiente funzionamento di una serie di enzimi senza i quali lo sviluppo dei vegetali risulta insoddisfacente.

In genere sintomi di carenza potassica possono essere riassunti come segue:

- ingiallimento del bordo fogliare;
- scarso vigore della pianta;
- irregolarità della maturazione dei frutti;
- scarsa resistenza al freddo;
- riduzione della conservabilità dei frutti.

IL CONTENUTO IN SODIO SCAMBIABILE

AGRONIX richiede che venga inserito il valore del **Sodio scambiabile** in ppm oppure in meq/100 g., l'inserimento del dato è obbligatorio, poiché di fondamentale importanza nelle fasi di calcolo successive.

Il sistema provvede automaticamente a convertire il valore da meq/100 g. a ppm o viceversa a seconda di quale delle due unità di misura viene inserita dall'utente e calcola immediatamente dopo l'inserimento di tutti i dati relativi ai cationi scambiabili, il valore delle rispettive quote percentuali.

Qualora il laboratorio non fornisca il dato relativo al sodio scambiabile, lo stesso può essere calcolato automaticamente (il sistema utilizza la formula inversa del calcolo del S.A.R.).

I dati necessari per l'esecuzione del calcolo sono:

- il valore della conducibilità da estratto saturo (EC_e) che può anche essere derivato dal valore della $EC_{1:2}$ in funzione del dato relativo alla saturazione percentuale.
- Il valore del Calcio scambiabile in meq/l.
- Il valore del Magnesio scambiabile in meq/l.

Il sistema valuta e giudica il contenuto in sodio scambiabile secondo il metodo del grado di saturazione percentuale (ESP) tenendo conto, per effettuare le elaborazioni, sia del valore dell'ESP che del valore della EC_e e del pH del suolo.

Si riporta di seguito la tabella che classifica i terreni in funzione di tali parametri:

Classificazione dei terreni in funzione di conducibilità (EC_e), percentuale di sodio (ESP) e reazione (pH) secondo l'U.S. Salinity Laboratory Staff

Terreno	EC_e mS/cm	ESP %	pH
Salino	> 4	< 15	< 8,5
Salino – sodico (salino – alcalino)	> 4	> 15	< 8,5
Sodico (alcalino non salino)	< 4	> 15	> 8,5

L'attività del sodio nel terreno dipende quasi esclusivamente dal suo rapporto con gli altri elementi, è pertanto indispensabile tenere conto, non tanto del suo livello assoluto, quanto del suo grado di saturazione percentuale (ESP) o rapporto di assorbimento del sodio (Sodium adsorption Ratio o SAR) che vengono calcolati con le seguenti equazioni:

$$ESP = \frac{Na^+ * 100}{CSC}$$

$$SAR = \frac{Na^+}{\frac{\sqrt{Ca^{++} + Mg^{++}}}{2}}$$

In relazione alle funzioni del sodio nella nutrizione vegetale possono essere fatte alcune considerazioni:

- il sodio, se presente in dosi elevate interferisce con l'assorbimento di altri elementi e in particolare del potassio provocando alterazioni nei meccanismi nutrizionali e disfunzioni nei riguardi dello sviluppo delle colture (pezzatura ridotta dei frutti, maggiore sapidità, effetti tossici, riduzione della massa di vegetazione e della massa dell'apparato radicale);
- il sodio è essenziale, in dosi molto ridotte, ad alcuni processi biochimici che si svolgono nelle piante, pertanto nessuna specie vegetale può essere coltivata senza la presenza nel terreno di almeno modeste quantità dell'elemento;
- la presenza di elevate quantità di sodio provoca nel terreno notevoli alterazioni quali il peggioramento della struttura per deflocculazione dei colloidi argillosi e conseguente formazione di terreni asfittici, impermeabili e soggetti a fessurazioni;

Essendo il sodio un elemento trattenuto dal potere assorbente del terreno (CSC), per poterlo rimuovere, quando è presente in percentuale tale da compromettere le produzioni, è necessario immettere nel terreno un catione che sostituisca il sodio facendolo passare in soluzione e quindi permettendone la lisciviazione.

Il prodotto correttivo che il sistema utilizza per la correzione in sodio è il gesso o solfato di calcio ($CaSO_4$) e la relativa funzione di calcolo descritta in questo manuale nel Capitolo 6 relativo alle elaborazioni, viene definita "calcolo del fabbisogno in gesso".

IL CONTENUTO IN IDROGENO SCAMBIABILE

Nei terreni acidi, aventi generalmente un pH in acqua inferiore a 6,6 l'attività degli ioni **idrogeno** è molto marcata ed una parte di essi contribuisce a saturare il complesso di scambio entrando a far parte delle basi scambiabili.

Generalmente la percentuale di ioni idrogeno presenti sul complesso di scambio è molto bassa (intorno al 10%), ma può arrivare anche al 20-25%.

AGRONIX chiede che venga inserito il valore dell'idrogeno scambiabile in ppm oppure in meq/100 g., l'inserimento del dato è obbligatorio, poiché di fondamentale importanza nelle fasi di calcolo successive.

Il sistema provvede automaticamente a convertire il valore da meq/100 g. a ppm o viceversa a seconda dell'unità di misura inserita dall'utente e calcola immediatamente dopo l'inserimento di tutti i dati relativi ai cationi scambiabili, il valore delle rispettive quote percentuali.

Il valore da introdurre, di solito viene fornito dal laboratorio di analisi, in caso contrario il sistema lo può calcolare utilizzando la seguente formula:

$$H^+ = 10^{*(7 - pH_{Woodruff})}$$

(se non conosciuto il $pH_{Woodruff}$, può essere sostituito dal valore del pH tampone in KCl).

Il dato relativo al contenuto di idrogeno scambiabile è utilizzato dal sistema per effettuare il calcolo del fabbisogno in calcio, espresso in quintali per ettaro di carbonato di calcio ($CaCO_3$), utilizzando la seguente espressione:

$$CaCO_3 = 15 * H^+$$

II GRADO DI SATURAZIONE BASICA

La capacità di scambio cationica, ossia la capacità del terreno a trattenere elementi nutritivi in forma ionica per poi scambiarli con la soluzione circolante ed essere assorbiti dalle piante può essere più o meno saturata dal contenuto di cationi scambiabili presente nel terreno.

Infatti può verificarsi che in terreni poco coltivati, dilavati, acidi o che non hanno subito concimazioni da diverso tempo il grado di saturazione basica della CSC risulti basso, cioè inferiore al 100% per i terreni alcalini o neutri o inferiore all'80% nei terreni acidi.

Tale insaturazione basica può essere dovuta a due cause fondamentali:

- presenza elevata di ioni H^+ liberi nella soluzione circolante, tipica dei terreni acidi, con pH inferiore a 6,6;
- insufficienza di sali nutritivi nel terreno che denota quindi una potenzialità dello stesso a migliorare proporzionalmente la sua fertilità con l'apporto di sali nutritivi

Quando non sussistono tali motivazioni, la causa di errati valori di saturazione può essere dovuta ad errori analitici sui valori dei cationi scambiabili o sul valore della CSC.

AGRONIX elabora automaticamente il grado di saturazione basica ogni volta che vengono inseriti e/o modificati i dati relativi ai cationi scambiabili e/o alla CSC totale.

Una volta effettuato il calcolo del grado di saturazione, il sistema effettua un ciclo di controlli incrociati per verificare la corrispondenza della serie di valori inseriti dall'utente e propone a video sia il valore in % del grado di saturazione basica con accanto il giudizio sintetico associato, sia (nei casi in cui il valore calcolato di saturazione basica diverga dai range previsti) diversi messaggi che chiedono conferma all'utente del comportamento da adottare per la prosecuzione della fase di input dati.

I comportamenti previsti sono:

- **ANNULLAMENTO**

Annulla tutti i valori immessi e non memorizza i dati dell'analisi; tale comportamento è da adottare nei casi in cui si intravede un eventuale errore analitico e si decide di rieseguire alcune determinazioni in laboratorio.

- **MODIFICA**

Permette di ritornare ad inserire i dati nuovamente posizionando il cursore sui valori già immessi, per una loro eventuale modifica; tale comportamento è da adottare nei casi in cui si verifica un errore di digitazione dei valori analitici.

- **CONFERMA**

Indica al sistema che si intende confermare i dati inseriti; tale comportamento è da adottare dopo un attento controllo dell'insieme dei dati e della scheda di prelievo campione, laddove sono trascritte le informazioni relative alla parcella su cui è stato prelevato il campione di terreno analizzato.

L'EQUILIBRIO CATIONICO

Il sistema, come detto in precedenza, elabora automaticamente i rapporti Mg/K e Ca/Mg dopo che vengono digitati tutti i valori relativi ai cationi scambiabili e alla CSC totale.

In fase di calcolo vengono attivati un ciclo di controlli per verificare eventuali errori analitici o di digitazione e successivamente, se il valore dei rapporti anzidetti si trova entro i range definiti viene indicato a video il relativo giudizio, altrimenti il sistema visualizza una serie di messaggi che chiedono conferma all'utente del comportamento da adottare per la prosecuzione della fase di input dati.

I comportamenti previsti sono, come per la saturazione basica:

- **ANNULLAMENTO**

Annulla tutti i valori immessi e non memorizza i dati dell'analisi; tale comportamento è da adottare nei casi in cui si intravede un eventuale errore analitico e si decide di rieseguire alcune determinazioni in laboratorio.

- **MODIFICA**

Permette di ritornare ad inserire i dati nuovamente posizionando il cursore sui valori già immessi, per una loro eventuale modifica; tale comportamento è da adottare nei casi in cui si verifica un errore di digitazione dei valori analitici.

- **CONFERMA**

Indica al sistema che si intende confermare i dati inseriti; tale comportamento è da adottare dopo un attento controllo dell'insieme dei dati e della scheda di prelievo campione, laddove sono trascritte le informazioni relative alla parcella su cui è stato prelevato il campione di terreno analizzato.

Di seguito vengono riportati i range presenti attualmente in AGRONIX per definire il rapporto Mg/K.

In genere con rapporti inferiori a 2,5 indispensabile l'apporto di magnesio per un riequilibrio cationico, anche in presenza di elevate dosi dell'elemento in termini assoluti, mentre con rapporti superiori a 5, l'apporto di magnesio è sconsigliato, potendosi in pratica introdurre solo se accompagnato da rapporti in surplus di potassio, per evitare problemi nell'assimilazione del potassio.

RAPPORTO Mg/K		
Giudizi sintetici	da	a
FORTE SQUILIBRIO A > K	0.000	2.000
LEGGERO SQUILIBRIO A > K	2.000	2.500
RAPPORTO EQUILIBRATO	2.500	3.500
LEGGERO SQUILIBRIO A > MG	3.500	4.000
FORTE SQUILIBRIO A > MG	4.000	5.000
FORTISSIMO SQUIL. A >Mg	5.000	7.000
SQUILIBRIO ANOMALO A > Mg	7.000	10.000
GRAVE ANOMALIA ECCESSO Mg	10.000	15.000
TERRENO INQUINATO DA Mg	15.000	30.000
METODO: CALCOLO INFORMATIZZATO		

Il magnesio è legato da un rapporto di equilibrio anche con il calcio; si riportano di seguito i range di giudizi attualmente presenti in AGRONIX per definire il rapporto Ca/Mg.

In genere con rapporti inferiori a 4 esiste la possibilità che le piante incontrino problemi nell'assimilazione del calcio, quindi conviene evitare apporti di magnesio e preferire concimi contenenti calcio, mentre con rapporti superiori a 8, l'assimilazione del magnesio può essere rallentata a causa della forte presenza di calcio scambiabile, quindi è consigliabile effettuare apporti di magnesio, anche se lo stesso elemento è già sufficiente in termini assoluti.

RAPPORTO Ca/Mg		
Giudizi sintetici	da	a
FORTE SQUILIBRIO A > MG	0.000	2.000
LEGGERO SQUILIBRIO A > MG	2.000	4.000
RAPPORTO EQUILIBRATO	4.000	6.000
LEGGERO SQUILIBRIO A > CA	6.000	8.000
FORTE SQUILIBRIO A > CA	8.000	10.000
FORTISSIMO SQUIL. A >CA	10.000	12.000
SQUIL. ANOMALO A > Ca	12.000	15.000
GRAVE ANOMALIA ECCESS. Ca	15.000	20.000
ANORMALE ECCESSO DI Ca	20.000	50.000
METODO: CALCOLO INFORMATIZZATO		

L'AZOTO TOTALE

L'**Azoto** si trova nel terreno prevalentemente sotto forma organica proveniente dall'interramento dei residui colturali e dalle concimazioni organiche, oltre che dalla biomassa costituita dai microorganismi presenti nel terreno.

Enorme importanza riveste anche il processo di fissazione biologica dell'azoto operato da microorganismi che vivono sia indipendentemente dalle piante coltivate che in associazione ad esse (simbionti).

Nel processo naturale di degradazione della sostanza organica si arriva ad uno stadio in cui si ha la trasformazione dell'azoto organico in azoto ammoniacale ad opera di una serie di microorganismi e prosegue poi fino alla ossidazione dell'ammoniaca ad acido nitrico il quale mette a disposizione della pianta lo ione NO_3^- direttamente assimilabile dalla pianta.

In questa serie di trasformazioni intervengono specie diverse di microorganismi ognuna impegnata in uno stadio specifico:

- 1) $12 \text{ NH}_3 + 12 \text{ O}_2 = 12 \text{ HNO}_2 + 12 \text{ H}_2$
- 2) $12 \text{ H}_2 + 6 \text{ CO}_2 = \text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 + 6 \text{ H}_2\text{O}$
- 3) $\text{HNO}_2 + \frac{1}{2} \text{ O}_2 = \text{HNO}_3$
- 4) $\text{ARGILLA}_{\text{Ca}} + 2 \text{ HNO}_3 = \text{Ca}(\text{NO}_3)_2 + \text{ARGILLA}_{(\text{acidificata})}$

La reazione n. 4 evidenzia l'importanza del complesso ARGILLA_{Ca} nel processo di tamponamento del pH del terreno.

L'azoto è indispensabile alla vita delle piante in quanto è un componente fondamentale delle proteine e degli enzimi; esso interviene quindi nei processi di crescita e moltiplicazione cellulare ed infatti si trova abbondantemente negli organi di accrescimento e nei nuovi tessuti, esso influenza inoltre la formazione della clorofilla, la durata del ciclo vegetativo, l'allegagione e la qualità dei frutti.

L'azoto mostra interazione positiva con l'assorbimento del fosforo e del potassio.

In casi di azoto-carezza, si manifestano nelle piante clorosi, crescita stentata, foglie piccole e mancanza di attività fotosintetica, con gravi ripercussioni sulla produttività; i sintomi di carenza si manifestano soprattutto nelle parti più vecchie della pianta, dato che i composti azotati più mobili trasmigrano nelle parti più giovani.

L'eccesso di azoto favorisce un eccessivo sviluppo vegetativo, ritarda la fioritura e diminuisce la resistenza alle basse temperature ed alle avversità fitopatologiche poiché provoca la presenza di tessuti molto acquosi.

L'azoto si presenta nel terreno prevalentemente sotto forma di azoto organico difficilmente assimilabile in tale forma dalle piante; durante il processo di mineralizzazione della sostanza organica parte dell'azoto organico viene trasformato nelle altre tre forme principali:

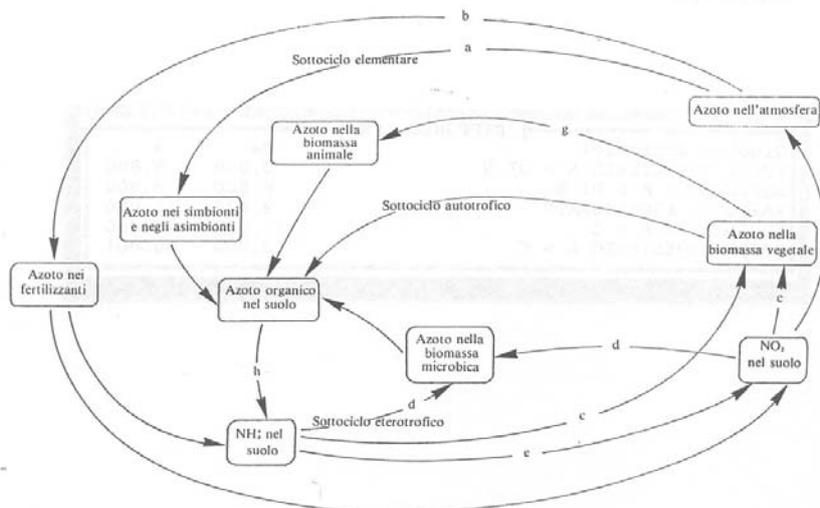
- azoto ureico;
- azoto nitrico
- azoto ammoniacale.

L'azoto ureico viene a sua volta trasformato in nitrico ed ammoniacale ad opera dell'enzima ureasi ed in quest'ultime due forme l'azoto è direttamente utilizzabile da parte delle colture. La forma ammoniacale, tranne rare eccezioni è più tossica della forma nitrica ed inoltre ostacola l'assorbimento di alcuni cationi ed anioni.

Le trasformazioni dell'azoto nel terreno sono in genere sempre reversibili ed avvengono con ritmi e velocità condizionate dall'andamento climatico (temperature) e dalle condizioni colturali, quindi la presenza e disponibilità delle diverse forme di azoto nel terreno è molto dinamica e fortemente variabile nel tempo.

A causa di ciò riteniamo agronomicamente inutile conoscere un dato analitico esatto sia riguardo le diverse forme di azoto contenuto nel terreno, sia riguardo il contenuto in azoto totale, che comunque è possibile inserire nel sistema, se analizzato.

AGRONIX pertanto utilizza una equazione di calcolo empirica che partendo dal contenuto in sostanza organica e tenendo conto di numerosi altri fattori calcola il probabile contenuto in azoto totale indicando anche il probabile contenuto in azoto mineralizzabile.



— Rappresentazione schematica del ciclo dell'azoto. Le lettere rappresentano i seguenti processi: a) azotofissazione biologica; b) azotofissazione industriale; c) assorbimento vegetale; d) immobilizzazione; e) nitrificazione; f) denitrificazione; g) utilizzazione da parte degli animali; h) mineralizzazione. Modificato da van Diest, in: Nutrient balances and fertilizer needs in temperate agriculture, International Potash Institute, 1984.

E' importante ricordare che tale valore, così come il valore ottenibile dall'analisi con il metodo Kieldahl, si riferisce prevalentemente ad azoto in forma organica ed è distribuito nel tempo in maniera non uniforme per effetto della diversità climatica stagionale.

Il sistema pertanto propone a video il valore calcolato ed attende una conferma del dato o una sua modifica nel caso venisse effettuata l'analisi da parte del laboratorio.

IL RAPPORTO CARBONIO/AZOTO

Il calcolo di questo parametro è di fondamentale importanza per avere delle indicazioni sul modo in cui procede la trasformazione della sostanza organica.

Si è dimostrato infatti con varie sperimentazioni che quando il rapporto C/N è inferiore a 10,4, il processo di mineralizzazione della sostanza organica avviene con un certo equilibrio in quanto i microorganismi trovano un ambiente ricco di azoto che quindi non viene sottratto al terreno, anzi ne viene arricchito.

Quando invece il rapporto è superiore a 10,4, il processo di mineralizzazione avviene con sottrazione di azoto al terreno.

La condizione ideale si verifica perciò quando il rapporto è intorno al valore 10,4.

E' evidente che quando il terreno presenta un rapporto C/N molto elevato e non si interviene fornendo azoto, si può verificare una diminuzione delle rese a causa della scarsità dell'azoto stesso a disposizione delle colture.

Il rapporto C/N dà anche indicazioni sulla velocità di mineralizzazione della sostanza organica che quando è molto bassa il rapporto è maggiore di 25, mentre mano a mano che aumenta il valore del rapporto diminuisce.

Si riporta di seguito la tabella utilizzata da AGRONIX per giudicare la situazione del rapporto C/N nel terreno:

RAPPORTO C/N		
Giudizi sintetici	da	a
FORTE SQUILIBRIO A > DI N	0.000	8.000
EQUILIBRIO A > DI N	8.000	9.000
RAPPORTO EQUILIBRATO	9.000	11.000
EQUILIBRATO A > C	11.000	12.000
FORTE SQUILIBRIO A > C	12.000	30.000
METODO: CALCOLO INFORMATIZZATO		

IL FOSFORO ASSIMILABILE

Il **Fosforo** è un elemento essenziale per una corretta crescita delle piante in quanto entra a far parte di un insieme di molecole molto importanti nei processi chimici delle piante che hanno come funzione specifica quella di immagazzinare energia e di trasferirla per rendere possibili i principali processi biochimici; il fosforo influisce inoltre sulla sintesi e sul trasferimento degli idrati di carbonio ed è un costituente dei nucleoproteotidi, degli acidi nucleici e dei fosfatidi.

Il fosforo inorganico influisce sulla nitroriduttasi, quindi ne deriva la sua azione indiretta sull'assimilazione dell'azoto; una sua carenza comporta quindi una carenza azotata. Esso è importante per la germinazione dei semi, accelera la fase vegetativa ed influisce sull'indurimento dei tessuti favorendone la lignificazione.

In carenza di fosforo, alcune reazioni biochimiche avvengono talmente lentamente da provocare il fenomeno del *NANISMO FOSFORATO* con anomalo sviluppo della pianta.

Il fosforo si può trovare nel terreno sotto diverse forme e la sua disponibilità per le piante dipende proprio da come esso interagisce con gli altri elementi e in che forma mineralogica si trova, infatti esso viene assorbito dalle piante solo come ione HPO_4^- .

Il fosforo si trova nel terreno sia sotto forma organica che inorganica; quest'ultima si può schematizzare come segue:

- fosforo solubile nella soluzione circolante
- fosforo adsorbito sulle particelle argillose
- fosforo insolubilizzato con calcio, ferro o alluminio
- fosforo inerte legato in forma minerale

La disponibilità dell'elemento risulta pertanto condizionata da una serie di interazioni:

- concentrazione di calcio e ferro nella soluzione circolante
- tessitura del terreno
- reazione del terreno
- natura della sostanza organica e sua mineralizzazione
- attività microbiologica e idrolitica

Di queste interazioni si deve tener conto nel calcolare l'apporto dell'elemento con la concimazione, che necessariamente deve soddisfare prima le esigenze di insolubilizzazione determinate dal terreno e successivamente deve costituire le riserve di fosforo assimilabile.

Si deduce pertanto che la determinazione del fosforo assimilabile è una delle analisi di maggiore importanza poiché permette di conoscere la dotazione dell'elemento nel terreno in maniera da variare opportunamente le reintegrazioni.

I metodi di analisi del fosforo tengono opportunamente conto della reazione del terreno, poiché l'elemento ha diversi comportamenti chimici nei terreni acidi, rispetto ai terreni neutri ed alcalini; in genere viene utilizzato il metodo Olsen per i terreni neutri e/o alcalini ed il metodo Bray e Kurtz per i terreni acidi.

Nei terreni alcalini, il fosforo può essere bloccato essenzialmente dalla formazione di fosfati di calcio (fosfato bicalcico e tricalcico) insolubili, che è maggiore in presenza di elevate dotazioni di calcare (calcare attivo).

Nei terreni acidi, il fosforo può essere bloccato dalla formazione di fosfati di ferro e/o alluminio (insolubili), che è maggiore a pH più bassi.

AGRONIX chiede che venga inserito il valore del fosforo assimilabile in ppm ed automaticamente effettua il calcolo della quantità di elemento presente ad ettaro, il sistema adotta conseguentemente a quanto detto in precedenza un sistema di interpretazione diverso a seconda che ci si trovi in terreni acidi o alcalini.

In fase di calcolo delle reintegrazioni di fosforo, a livello pedologico viene tenuto conto:

- del pH del terreno
- del contenuto in calcare totale e attivo
- del contenuto in sostanza organica
- della classe tessiturale

Di seguito vengono riportate le tabelle con i range di valori ed i giudizi associati:

FOSFORO <METODO BRAY e KURTZ>			
Giudizi sintetici		da	a
ESTREMAMENTE CARENTE	KG/HA	0.000	10.000
INSUFFICIENTE	KG/HA	10.000	20.000
POVERO	KG/HA	20.000	35.000
LEGGERMENTE BASSO	KG/HA	35.000	55.000
MEDIOCRE	KG/HA	55.000	80.000
BUONO	KG/HA	80.000	110.000
OTTIMALE	KG/HA	110.000	145.000
LEGGERMENTE RICCO	KG/HA	145.000	185.000
RICCO	KG/HA	185.000	240.000
MOLTO RICCO	KG/HA	240.000	300.000
METODO: ESTRAZIONE CON SOLUENTE ACQUOSO E DETERM. FOTOMETRICA			

FOSFORO <METODO OLSEN>			
Giudizi sintetici		da	a
ESTREMAMENTE CARENTE	KG/HA	0.000	30.000
INSUFFICIENTE	KG/HA	30.000	60.000
POVERO	KG/HA	60.000	70.000
LEGGERMENTE BASSO	KG/HA	70.000	80.000
MEDIOCRE	KG/HA	80.000	100.000
BUONO	KG/HA	100.000	140.000
OTTIMALE	KG/HA	140.000	180.000
LEGGERMENTE RICCO	KG/HA	180.000	200.000
RICCO	KG/HA	200.000	240.000
MOLTO RICCO	KG/HA	240.000	999.000
METODO: ESTRAZIONE CON BICARBONATO DI SODIO E DETERM. FOTOMETRICA			

IL FERRO ASSIMILABILE

Il **ferro** rappresenta il microelemento più importante per la nutrizione minerale delle piante ed influenza notevolmente il ciclo biologico delle stesse. La sua funzione principale, nei vegetali, è quella di intervenire direttamente o indirettamente nella sintesi della molecola della clorofilla e sulla sua attività, pur non entrando a far parte della molecola stessa.

L'eventuale carenza di ferro riduce l'attività di diversi gruppi di enzimi e co-fattori responsabili del ciclo respiratorio (catalisi e perossidasi) e può determinare una riduzione dell'RNA contenuto nei cloroplasti e nei ribosomi in quanto esso partecipa al metabolismo proteico e degli acidi nucleici.

Per effettuare l'analisi del ferro si utilizzano in alternativa due metodi di estrazione definiti generalmente con il nome degli agenti chelanti previsti:

- il metodo DTPA di Lindsay e Norvell, applicabile a tutti i terreni con pH superiore a 6,5
- il metodo EDTA di Lakanen ed Envio, applicabile a tutti i terreni con pH inferiore a 6,5

I due metodi prevedono estrazioni più o meno energiche, che influiscono sui valori analizzati del ferro assimilabile, pertanto AGRONIX adotta due differenti metodi di interpretazione a seconda del metodo di analisi adottato. I livelli critici, variabili in funzione di numerosi fattori, vengono comunque definiti dal sistema in due tabelle di base e si possono così riassumere:

METODO DTPA – Livello minimo = 5 ppm – Livello massimo = 100 ppm

METODO EDTA – Livello minimo = 50 ppm – Livello massimo = 1000 ppm

Si riporta di seguito la tabella di giudizio che il sistema adotta per interpretare il contenuto in ferro assimilabile secondo il metodo al DTPA:

FERRO <METODO DTPA>			
Giudizi sintetici		da	a
ESTREMAMENTE CARENTE	PPM	0.000	5.000
INSUFFICIENTE	PPM	5.000	10.000
POVERO	PPM	10.000	15.000
MEDIOCRE	PPM	15.000	20.000
BUONO	PPM	20.000	25.000
OTTIMALE	PPM	25.000	30.000
LEGGERMENTE ELEVATO	PPM	30.000	40.000
ELEVATO	PPM	40.000	60.000
MOLTO ELEVATO	PPM	60.000	80.000
ECCESSIVAMENTE ELEVATO	PPM	80.000	100.000

METODO: ESTRAZIONE CON DTPA, CaCl₂ E TRIETANOLAMMINA E DET. FOTOM.

La disponibilità del ferro per le colture è comunque legata all'influenza di diversi fattori:

- la reazione del terreno, infatti il ferro ha una maggiore disponibilità in ambiti di pH acidi e sub-acidi, mentre decresce notevolmente già a valori di pH di 7,5.
- La tessitura del terreno influisce sul ferro poiché ad esempio in terreni argillosi e pesanti, soprattutto se privi di struttura, le difficoltà di aerazione riducono alcuni processi di ossidazione che rendono mobile e disponibile l'elemento.
- La dotazione in sostanza organica che favorisce sia il mantenimento in forme chelate che l'assimilabilità dell'elemento per le piante.
- Il contenuto in calcare totale e attivo che producono una interazione negativa con l'elemento a causa di una diretta competizione in analogia a quanto avviene per il fosforo.
- Il contenuto elevato di fosforo nel terreno rende difficoltoso, specialmente in alcune leguminose, l'assorbimento del ferro ed il suo trasporto verso gli organi utilizzatori.
- L'interazione negativa (antagonismo) con altri microelementi quali manganese, zinco e rame, che quando presenti in dosi eccessive interferiscono sull'assorbimento del ferro.

I sintomi più evidenti di ferrocarenza si riferiscono alle clorosi internervali delle foglie, nei casi meno gravi, che comprende uno scolorimento completo anche delle nervature nei casi più gravi. Nelle più gravi condizioni le foglie evidenziano necrosi apicali e marginali e tendono ad accartocciarsi.

La fruttificazione delle piante, in caso di ferrocarenza, è stentata: può verificarsi cascola precoce dei frutticini e comunque difficilmente viene raggiunta una pezzatura dei frutti commercialmente valida.

IL CONTENUTO IN MANGANESE

La concentrazione e disponibilità di manganese assimilabile nel terreno è fortemente legata alla reazione del terreno, infatti è facile trovare carenze in terreni alcalini ed eccessi in terreni acidi.

La chimica del manganese nel suolo presenta una certa complessità; esso coesiste nel terreno in diverse forme e stati di ossidazione ed a seconda del suo stato di ossidazione si ritrova prevalentemente sotto forma di ossidi insolubili, scarsamente trattenuto dal potere assorbente.

In analogia a quanto accade per il ferro, per effettuare l'analisi del manganese si utilizzano in alternativa due metodi di estrazione definiti generalmente con il nome degli agenti chelanti previsti:

- il metodo DTPA di Lindsay e Norvell, applicabile a tutti i terreni con pH superiore a 6,5
- il metodo EDTA di Lakanen ed Envio, applicabile a tutti i terreni con pH inferiore a 6,5

I due metodi prevedono estrazioni più o meno energiche, che influiscono sui valori analizzati di manganese assimilabile, pertanto AGRONIX adotta due differenti metodi di interpretazione a seconda del metodo di analisi adottato.

I livelli critici, variabili in funzione di numerosi fattori, vengono comunque definiti dal sistema in due tabelle di base e si possono così riassumere:

METODO DTPA – Livello minimo = 10 ppm – Livello massimo = 300 ppm

METODO EDTA – Livello minimo = 100 ppm – Livello massimo = 3000 ppm

Si riporta di seguito la tabella di giudizio che il sistema adotta per interpretare il contenuto in manganese assimilabile secondo il metodo al DTPA:

MANGANESE <METODO DTPA>				
Giudizi sintetici			da	a
ESTREMAMENTE CARENTE	PPM		0.000	5.000
INSUFFICIENTE	PPM		5.000	10.000
POUERO	PPM		10.000	15.000
MEDIOCRE	PPM		15.000	20.000
BUONO	PPM		20.000	30.000
OTTIMALE	PPM		30.000	40.000
LEggerMENTE ELEVATO	PPM		40.000	60.000
ELEVATO	PPM		60.000	80.000
MOLTO ELEVATO	PPM		80.000	100.000
ECESSIVAMENTE ELEVATO	PPM		100.000	300.000
METODO: ESTRAZIONE CON DTPA, CaCl2 E TRIETANOLAMMINA E DET. FOTOM.				

La disponibilità di manganese si riduce per l'influenza di numerosi fattori:

- La concentrazione dello ione Mn⁺⁺ (forma assimilabile delle piante) è estremamente pH-dipendente; la massima attività si ha nel range di pH da 5 a 7, mentre a pH inferiori e/o superiori si riduce notevolmente.
- In terreni calcarei a pH alcalino il manganese viene ossidato a forme chimiche non direttamente assimilabili dalle piante.
- Nei terreni a tessitura sciolta il manganese viene facilmente ossidato e reso indisponibile.

- Altri fattori che possono ridurre la disponibilità del manganese sono:
 - o I terreni freddo –umidi
 - o I terreni siccitosi
 - o L'elevata luminosità
 - o L'interazione negativa con altri elementi nutritivi quali:
 - Fe/Mn – Nei casi in cui i due elementi non si trovano in rapporto ottimale tra di loro, l'elemento che si trova in eccesso riduce la disponibilità dell'altro; l'antagonismo maggiore è però esercitato dal ferro, sicché spesso le tossicità da manganese possono risolversi con apposite somministrazioni di ferro.
 - Ca/Mn – Gli elevati contenuti in calcio limitano l'assorbimento del manganese sia a causa della concentrazione in calcio sia a causa dell'indotta reazione alcalina del terreno.
 - Mg/Mn – Il magnesio si comporta in analogia a quanto accade per il calcio limitando l'assorbimento del manganese.
 - Zn/Mn – I due elementi se non si trovano in rapporto equilibrato, sono reciprocamente antagonisti, si comportano analogamente a quanto accade nel rapporto Fe/Mn.
 - N/Mn – I composti azotati influiscono sulla riduzione della reazione del terreno e quindi favoriscono l'assorbimento del manganese, nonostante ciò l'azoto ammoniacale comporta una riduzione dell'assorbimento, mentre l'azoto nitrico lo agevola.

Il manganese influenza nella pianta numerose funzioni biologiche:

- Attiva un elevato numero di enzimi, tra i quali l'enzima ossidante l'acido indolacetico (IAA) per cui una carenza di manganese determina automaticamente una carenza auxinica, mentre un suo eccesso può provocare tossicità da accumulo auxinico.
- E' un componente indispensabile alla reazione di Hill, che si inattiva in caso di carenza, arrestando il processo di bio-sintesi della sostanza organica nelle piante.
- Partecipa alla fotosintesi; in carenza di manganese viene ridotta l'attività fotosintetica e di accrescimento vegetativo con conseguenti accumuli di azoto nitrico negli organi delle piante.
- Stimola il processo di produzione dell'acido ascorbico (Vit. C) e quindi migliora le qualità organolettiche dei prodotti.

IL CONTENUTO IN BORO

Il **Boro** è l'unico elemento nutritivo non metallico che viene analizzato esso si trova sempre legato all'ossigeno e quando è in soluzione nel terreno si trova normalmente sotto forma di acido borico (H_3BO_3).

Il suo livello critico nel terreno è indicato normalmente sotto i 0,3 ppm, ma tale livello critico dipende anche dal contenuto in sostanza organica, che ne incrementa generalmente la sua disponibilità per le piante.

La reazione del terreno inoltre ne influenza fortemente la sua disponibilità, tanto che potrebbe definirsi pH-dipendente; a pH inferiori a 5 decresce per la formazione di composti di reazione con idrossidi di ferro e alluminio; la maggiore disponibilità si ha tra pH 5 e pH 7 per poi ridursi notevolmente oltre pH 8,5.

Anche la tessitura influisce molto sulla sua disponibilità, poiché il boro viene facilmente lisciviato nei terreni sciolti e pertanto è meglio trattenuto in terreni con discreti contenuti colloidali.

Il calcio inoltre presenta una interazione negativa nei confronti del boro, quindi in terreni fortemente calcarei o con elevati contenuti in calcare attivo, sono richiesti maggiori contenuti in Boro.

Gli effetti tossici del boro sulle piante si manifestano a livelli superiori a 2 ppm, ma possono essere facilmente eliminati con forti irrigazioni dilavanti, dato che l'elemento è molto solubile e quindi facilmente allontanabile per lisciviazione.

AGRONIX chiede che venga inserito il valore relativo all'analisi del boro in ppm, il dato può anche essere omesso poiché per diverse colture non è ritenuto indispensabile saggiare il suo contenuto nel suolo; in tal caso, dopo apposita conferma, il sistema deduce che il valore non è stato determinato e quindi non tiene conto dell'elemento nell'elaborazione del piano di fertilizzazione.

Di seguito viene riportata la tabella standard utilizzata dal sistema per giudicare il contenuto di boro nel terreno:

		BORO	
Giudizi sintetici		da	a
ESTREMAMENTE CARENTE	PPM	0.000	0.100
INSUFFICIENTE	PPM	0.100	0.200
POVERO	PPM	0.200	0.300
MEDIOCRE	PPM	0.300	0.400
BUONO	PPM	0.400	0.700
OTTIMALE	PPM	0.700	1.000
LEGGERMENTE ELEVATO	PPM	1.000	1.300
ELEVATO	PPM	1.300	1.600
MOLTO ELEVATO	PPM	1.600	3.000
TOSSICO	PPM	3.000	6.000

METODO: ESTRAZIONE CON CLORURO DI MAGNESIO E DETERM. FOTOMETRICA

IL CONTENUTO IN RAME

Il **Rame** è contenuto nel terreno quasi esclusivamente sotto forma di ione bivalente Cu^{++} e la maggior parte di esso si trova legato all'interno dei reticoli cristallini di minerali primari e secondari, ma compare anche in forme complessate organiche e adsorbito dai colloid organici e minerali del suolo.

La disponibilità di rame per le piante è influenzata da diversi fattori, ma il parametro più importante, in analogia a quanto avviene per gli altri microelementi è la reazione del terreno.

La condizione di massima disponibilità del rame si ha in corrispondenza del range di pH da 5 a 7,5 come per lo zinco.

In conseguenza di ciò si deduce che la disponibilità del rame per le colture è dipendente principalmente dal pH del terreno, pertanto analogamente a quanto accade per manganese, zinco e ferro, per effettuare l'analisi del rame si utilizzano in alternativa due metodi di estrazione definiti generalmente con il nome degli agenti chelanti previsti:

- il metodo DTPA di Lindsay e Norvell, applicabile a tutti i terreni con pH superiore a 6,5
- il metodo EDTA di Lakanen ed Envio, applicabile a tutti i terreni con pH inferiore a 6,5

I due metodi prevedono estrazioni più o meno energiche, che influiscono sui valori analizzati di rame assimilabile, pertanto AGRONIX adotta due differenti metodi di interpretazione a seconda del metodo di analisi adottato.

I livelli critici, variabili in funzione di numerosi fattori, vengono comunque definiti dal sistema in due tabelle di base e si possono così riassumere:

METODO DTPA – Livello minimo = 1 ppm – Livello massimo = 30 ppm

METODO EDTA – Livello minimo = 3 ppm – Livello massimo = 90 ppm

Si riporta di seguito la tabella di giudizio che il sistema adotta per interpretare il contenuto in rame assimilabile secondo il metodo al DTPA:

		RAME <METODO DTPA>	
Giudizi sintetici		da	a
ESTREMAMENTE CARENTE	PPM	0.000	0.500
INSUFFICIENTE	PPM	0.500	1.000
POVERO	PPM	1.000	3.000
MEDIOCRE	PPM	3.000	5.000
BUONO	PPM	5.000	8.000
LEGGERMENTE ELEVATO	PPM	8.000	12.000
ELEVATO	PPM	12.000	15.000
MOLTO ELEVATO	PPM	15.000	20.000
ECESSIVAMENTE ELEVATO	PPM	20.000	30.000
TOSSICO	PPM	30.000	100.000

METODO: ESTRAZIONE CON DTPA, CaCl₂ E TRIETANOLAMMINA E DET. FOTOM.

Oltre alla reazione, i fattori influenti sulla disponibilità di rame per le piante sono:

- La presenza di sostanza organica umificata, poiché il rame è fortemente legato ai composti organici umificati (acidi umici e fulvici), pertanto la sua disponibilità per le colture decresce man mano che aumenta la presenza di tali agenti leganti.
- La presenza di colloidali argillosi, che operano una forte fissazione di tipo chimico-fisico e che pertanto, riducono la disponibilità di rame per le piante in tutte le condizioni di pH.
- L'umidità del suolo, che influisce sulla mobilità dell'elemento nel terreno e quindi in presenza di scarsa circolazione della soluzione nutritiva, riduce la diffusione e la disponibilità dell'elemento.
- L'interazione con altri elementi nutritivi quali:
 - o Cu/P – A dosi ottimali il rame favorisce l'assorbimento del fosforo da parte delle piante, mentre l'abbondanza di fosforo provoca una riduzione della disponibilità di rame per le cause descritte anche a proposito dello zinco (diluizione dell'elemento nutritivo e riduzione delle capacità di traslocazione floematica dagli organi radicali alla parte aerea).
 - o Cu/Fe – Elevata disponibilità di rame riducono proporzionalmente la disponibilità di ferro per le colture, potendo determinare la comparsa di clorosi ferriche.
 - o Cu/Zn – Lo zinco in eccesso provoca la carenza di rame con vistose manifestazioni sulle colture, mentre non sembra sussistere antagonismo inverso.

Il ruolo biologico del rame è molto importante nei vegetali poiché, anche non essendo un elemento plastico, partecipa a numerosi processi biochimici:

- Si trova in elevate quantità nei cloroplasti delle foglie con funzioni di stabilizzazione della clorofilla e di altri pigmenti e partecipando come catalizzatore in alcuni processi della fotosintesi clorofilliana.
- E' un costituente di molti enzimi ossidanti che svolgono funzioni importanti specialmente nel ciclo della respirazione.
- Partecipa al metabolismo proteico, infatti in situazione di carenza di rame la sintesi proteica è disturbata perché gli aminoacidi non riescono a legarsi e perché viene limitata la sintesi di DNA e RNA.
- Partecipa ai processi di biosintesi dei carboidrati, infatti in carenza di rame la sintesi degli zuccheri si riduce, mentre si nota nelle piante un accumulo di acidi organici.
- Assieme al cobalto ed al molibdeno partecipa ai processi di fissazione simbiotica dell'azoto atmosferico (N₂) da parte dei Rhizobium.

IL CONTENUTO DI ZINCO

Lo **Zinco** si trova nel terreno in forme diverse a seconda della reazione dello stesso; a pH inferiori a 7, lo zinco nella soluzione circolante, in equilibrio con quello legato alla fase solida del suolo è lo zinco ionico bivalente Zn^{++} , mentre a pH superiori a 7 predomina lo zinco ossido idrato $[Zn(OH)_2 + H_2O]$.

La condizione di massima disponibilità dello zinco si ha in corrispondenza del range di pH da 5 a 7,5.

In conseguenza di ciò ed in considerazione del fatto che lo zinco ha una certa somiglianza di comportamento con il manganese, si deduce che la disponibilità dello zinco per le colture è dipendente principalmente dal pH del terreno.

In analogia a quanto accade per manganese e ferro, per effettuare l'analisi dello zinco si utilizzano in alternativa due metodi di estrazione definiti generalmente con il nome degli agenti chelanti previsti:

- il metodo DTPA di Lindsay e Norvell, applicabile a tutti i terreni con pH superiore a 6,5
- il metodo EDTA di Lakanen ed Envio, applicabile a tutti i terreni con pH inferiore a 6,5

I due metodi prevedono estrazioni più o meno energiche, che influiscono sui valori analizzati di zinco assimilabile, pertanto AGRONIX adotta due differenti metodi di interpretazione a seconda del metodo di analisi adottato.

I livelli critici, variabili in funzione di numerosi fattori, vengono comunque definiti dal sistema in due tabelle di base e si possono così riassumere:

METODO DTPA – Livello minimo = 1 ppm – Livello massimo = 100 ppm

METODO EDTA – Livello minimo = 2 ppm – Livello massimo = 200 ppm

Si riporta di seguito la tabella di giudizio che il sistema adotta per interpretare il contenuto in zinco assimilabile secondo il metodo al DTPA:

Giudizi sintetici		ZINCO (METODO DTPA)	
	PPM	da	a
ESTREMAMENTE CARENTE	PPM	0.000	0.500
INSUFFICIENTE	PPM	0.500	1.000
POUERO	PPM	1.000	3.000
MEDIOCRE	PPM	3.000	10.000
BUONO	PPM	10.000	20.000
LEGGERMENTE ELEVATO	PPM	20.000	30.000
ELEVATO	PPM	30.000	50.000
MOLTO ELEVATO	PPM	50.000	70.000
ECESSIVAMENTE ELEVATO	PPM	70.000	90.000
TOSSICO	PPM	90.000	120.000

METODO: ESTRAZIONE CON DTPA, $CaCl_2$ E TRIETANOLAMMINA E DET. FOTOM.

Oltre alla reazione del terreno, altri fattori influiscono sulla disponibilità dello zinco per le piante e tra tutti riveste particolare importanza:

- La tessitura, che condiziona assieme alla struttura la capacità di ossidoriduzione del terreno
- Il contenuto in calcare, che condiziona assieme alla fase colloidale l'adsorbimento dello ione zinco, il quale non può successivamente essere adsorbito, permanendo un pH inferiore a 5 o superiore a 7,5.
- Il contenuto in sostanza organica, che permette la formazione di complessi molto stabili con i colloidali organici.
- Gli acidi umici, che formano con lo zinco complessi stabili e insolubili che rendono indisponibile lo zinco ad essi legato.
- Gli acidi fulvici, che formano con lo zinco complessi poco stabili e solubili, rendendo mobile e disponibile lo zinco ad essi legato.

- La carenza idrica che provoca una ridotta mobilità dell'elemento, già di per sé poco mobile sia per quanto riguarda i complessi zinco-sostanza organica che nelle sue forme solubili ioniche (Zn^{++}).
- Le interazioni con gli altri elementi nutritivi minerali:
 - o Zn/P – Generalmente il fosforo in eccesso nel terreno induce a carenze di zinco, sia per leggera insolubilizzazione dell'elemento nel terreno che per una diluizione dello stesso nella pianta a causa dell'induzione di un maggiore sviluppo degli organi vegetativi ed infine a causa di una riduzione della traslocazione e della mobilità dello stesso negli organi della pianta ed un suo accumulo nell'apparato radicale.
 - o Zn/N – L'azione antagonista dell'azoto nei confronti dello zinco si esplica sia per un effetto diluizione, che per un accumulo di zinco nelle radici con scarsa traslocazione nella parte aerea, in analogia a quanto detto per il fosforo.
 - o Zn/Mg – Il magnesio esplica antagonismo in maniera indiretta poiché la sua presenza comporta un elevarsi della reazione del terreno, nonostante cioè esiste una reazione detta di doppio scambio ionico esercitata dal magnesio (avente un raggio ionico identico a quello dello zinco) che può permettere la liberazione (quando presente) di zinco assorbito sui colloidi minerali od organici, incrementando la disponibilità di zinco nel terreno.
 - o Zn/Fe – L'eccesso di ferro induce generalmente una carenza di zinco e viceversa; esiste perciò una reciproca interazione negativa sull'assorbimento e la traslocazione che l'elemento in eccesso esercita sull'altro.
 - o Zn/Cu – L'interazione negativa che si stabilisce tra i due elementi è analoga a quella Zn/Fe.

Di seguito si elencano le condizioni e le tipologie di terreni che possono determinare carenze di zinco:

- Terreni alluvionali poveri di sostanza organica e argilla e soggetti a lisciviazione, tanto più se con pH acido o sub-acido.
- Terreni calcarei con elevato contenuto in calcare ed a pH alcalino o sub-alcalino.
- Terreni freddi e compatti o poco profondi e con difficoltà per lo sviluppo radicale.
- Terreni con reazione alcalina (pH superiore a 7) o molto acidi (pH inferiore a 5).
- Terreni soggetti a lunghi periodi di siccità.

CONSEGUENZE SUI MODULI SUCCESSIVI

Le informazioni (valori e giudizi sintetici) inserite in questa sessione, vengono riportate quasi integralmente, in fase di stampa, nel piano di fertilizzazione.

Tali dati costituiscono ovviamente il fulcro delle elaborazioni successive. Infatti se si provasse ad elaborare un piano di fertilizzazione senza aver inserito i dati analitici, il sistema risponderebbe che non sono presenti in archivio tali dati per la parcella in esame.

Inoltre la possibilità di impostare il sistema di interpretazione in base al metodo di analisi utilizzato dal laboratorio, rende possibile la stampa di una relazione tecnica basata sull'interpretazione agronomica dei risultati analitici.