



Dipartimento di Agraria

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

Carmelo Santonoceto

CENNI SULLE PROPRIETÀ BIOLOGICHE DEL TERRENO
SOSTANZA ORGANICA
AVVICENDAMENTO

CENNI SULLE PROPRIETÀ BIOLOGICHE DEL TERRENO AGRARIO

Le attività biologiche che hanno luogo nel terreno sono le seguenti.

Umificazione. Le materie organiche che, sotto forma di residui vegetali, di spoglie animali, di concime organico o altro, vanno ad arricchire il terreno, sono subito aggredite dai vari organismi terricoli. Dopo un certo tempo la sostanza organica è diminuita di peso e trasformata profondamente. Alla fine di questo processo di umificazione si ha una massa colloidale, amorfa, nerastra chiamata *humus*.

Mineralizzazione. La sostanza organica umificata va incontro ad un ulteriore processo di degradazione che la trasforma in composti estremamente semplici: acqua, anidride carbonica, ammoniaca e altri sali minerali. La mineralizzazione può consistere in due tappe successive: *ammonizzazione* e *nitrificazione*.

- *Ammonizzazione:* è la formazione di azoto ammoniacale ad opera microbica nel processo di mineralizzazione dell'*humus*.

- *Nitrificazione:* l'ammoniaca ad opera di particolari batteri nitrificanti, viene ossidata in acido nitroso prima e nitrico poi. Questa reazione è straordinariamente importante per le piante le quali utilizzano pochissimo l'azoto ammoniacale, preferendo nettamente quello nitrico.

Denitrificazione. È un processo biochimico molto nocivo per l'economia dell'azoto del terreno, consistente nel passaggio dell'azoto nitrico ad azoto elementare o ad ossidi di azoto gassosi che, quindi, si disperdono nell'atmosfera. Questo processo assume una intensità notevole nei terreni poco arieggiati, asfittici, contenenti acqua in eccesso.

Fissazione dell'azoto atmosferico. Nel terreno esistono anche microrganismi detti *azotofissatori* capaci di assimilare l'azoto gassoso dell'atmosfera. Un gruppo di tali microrganismi vive liberamente nel terreno (*azotofissatori non simbiotici*) e la sua importanza pratica è limitata; un altro gruppo, ben più interessante, vive sulle radici di particolari piante, soprattutto leguminose, in simbiosi con esse (*azoto-fissatori simbiotici: Bacillus radicolata*). Tali microrganismi fissano l'azoto atmosferico presente nel terreno rendendolo disponibile per la pianta ospite. Il terreno così, attraverso i residui delle leguminose, si arricchisce di azoto.

SOSTANZA ORGANICA

Costituente del terreno la cui importanza è talmente fondamentale da poter essere considerato la "chiave di volta" della fertilità. La sostanza organica infatti riunisce in sé funzioni di concime, di correttivo, di ammendante ed altre ancora.

La sostanza organica è un componente che, anche in piccole dosi, è capace di modificare enormemente le proprietà del suolo, influenzandone le caratteristiche fisiche, chimiche e biologiche.

Il mantenimento di un buon livello di sostanza organica nei terreni coltivati è essenziale per la conservazione della loro fertilità.

Evoluzione della sostanza organica del suolo.

Il processo di trasformazione della sostanza organica del suolo è fondamentalmente un processo biologico. Appena il materiale organico, costituito dai residui della vegetazione, deiezioni e spoglie animali, concimi organici, ecc. perviene nel terreno, subisce l'attacco di una folla di organismi eterotrofi che lo degradano e lo trasformano in composti sempre più semplici. Così facendo, essi traggono l'energia loro necessaria e nel contempo ne usano una parte per edificare i loro corpi, i quali, alla loro morte, diventeranno una porzione importante della sostanza organica del terreno.

Il materiale risintetizzato differisce grandemente dal materiale di partenza per le caratteristiche chimiche e fisiche e per le proporzioni dei vari elementi costitutivi.

I due processi, decomposizione e risintetizzazione (o sintesi secondaria) avvengono contemporaneamente e sono influenzati differientemente dalle condizioni ambientali e dalla composizione del materiale di partenza. Ad esempio, una temperatura alta dà luogo a un'alta velocità di decomposizione e a una bassa intensità di risintetizzazione, mentre con temperatura bassa si verifica il contrario.

Prodotti della decomposizione.

Nel corso della decomposizione, le sostanze organiche vengono alterate e trasformate in maniera assai profonda, in una sostanza nerastra, amorfa, di natura polimerica, di alto peso molecolare, alquanto resistente a ulteriore degradazione: questa sostanza è detta *humus*.

Per la formazione dell'*humus* è necessario che la sostanza organica che giunge al suolo contenga composti resistenti all'attacco dei microrganismi: lignina, emicellulose, cellulosa, pectina, ecc..

Mentre le sostanze organiche fresche hanno composizione variabilissima, l'*humus* presenta, con sorprendente costanza, un contenuto di carbonio del 50% circa e di azoto del 5% circa, per cui il rapporto C/N si aggira intorno a 10.

Il processo che porta alla formazione di *humus* a partire dalla sostanza organica del terreno è detto *umificazione*.

L'*humus*, a sua volta, è soggetto all'attacco di altri microrganismi che lo demoliscono progressivamente liberando così acqua, anidride carbonica, ammoniaca e sostanze minerali preziose per la nutrizione delle piante. Questo processo finale è detto *mineralizzazione*, e procede con notevole lentezza, data la resistenza che i costituenti dell'*humus* offrono alla decomposizione. Nei climi temperati si considera che la mineralizzazione interessi l'1,5-2% all'anno della sostanza organica esistente nel suolo.

Funzioni della sostanza organica.

La sostanza organica è capace di influire profondamente e positivamente su tutte o quasi le proprietà del terreno.

Azione sulle proprietà fisiche.

1) La sostanza organica agisce sulla struttura e sulla sua stabilità in diverse maniere: *a)* come cemento degli aggregati; *b)* come "mulch" superficiale che protegge i grumi dall'azione battente della pioggia; *c)* come alimento della microflora e microfauna terricola responsabile della strutturazione del terreno.

2) La sostanza organica grazie al suo forte potere d'imbibizione aumenta la capacità di trattenuta idrica: ciò è particolarmente importante nelle terre sciolte.

3) La lavorabilità di un terreno argilloso risente vantaggio dalla sostanza organica: la plasticità, la tenacità e la adesività si riducono rendendo più prolungato lo stato di tempera oltre che meno faticosa la lavorazione.

4) L'iscuremento del terreno provocato dalla sostanza organica riduce l'albedo, modificando così il grado termico del suolo.

Azione sulle proprietà chimiche.

1) La sostanza organica fornisce elementi nutritivi alle piante come conseguenza dei continui processi di mineralizzazione. Questa fornitura è graduale e protratta nel tempo.

2) La sostanza organica umificata, colloide elettronegativo, è capace di adsorbire i cationi in quantità di gran lunga superiore anche ai più reattivi colloidali argillosi. Riduce, in tal modo, i pericoli di dilavamento degli elementi nutritivi, rendendoli disponibili per le piante al momento opportuno.

3) La sostanza organica aumenta fortemente il potere tampone del terreno.

Azione sulle proprietà biologiche.

- 1) La sostanza organica è la fonte d'energia per i microrganismi del suolo. Maggiore è la sua quantità, più intense sono le attività biologiche.
- 2) La sostanza organica mineralizzandosi produce CO₂ che diffondendosi nell'atmosfera la arricchisce di questo composto fondamentale e per la fotosintesi.

Da quanto detto delle varie azioni della sostanza organica sulle proprietà del terreno, è facile arguire che queste non avranno la stessa importanza in tutti i terreni. Così, ad esempio, in un terreno sabbioso il miglioramento più importante che si attende dalla sostanza organica è quello sulla capacità di ritenzione dell'acqua e sulla capacità di scambio cationico; al contrario, in terreno argilloso il miglioramento più interessante sarà quello delle proprietà fisiche (struttura, aereazione, lavorabilità, ecc.).

Fonti dell'humus.

Diverse sono le provenienze della sostanza organica del terreno agrario: residui delle coltivazioni, sovesci, letame, concimi organici. Non tutte hanno lo stesso valore ai fini della produzione di humus. Due sono gli aspetti qualitativi prevalenti che vanno considerati:

a) *Contenuto di lignina, cellulosa, emicellulose, ecc.:* rappresentano le sostanze più resistenti che, a seguito dell'attacco dei microrganismi del suolo, non vengono immediatamente mineralizzate ma subiscono una lenta trasformazione che porterà alla formazione dell'humus. I derivati di queste sostanze sono i prodotti più attivi sulla fertilità. I polisaccaridi di origine microbica derivati dalle cellulose sono i composti attivi sulla struttura; nuclei aromatici derivati dalla lignina sono la base dell'humus. Viceversa, sostanze organiche tenere, acquose, poco lignificate, come erbe, vegetali non lignificati, ecc. sono oggetto di rapida mineralizzazione e, pertanto, forniscono rapidamente elementi nutritivi prontamente utilizzabili, agendo come concimi, ma hanno effetti trascurabili sulla formazione di humus. È utile, quindi, che gli apporti di sostanza organica fresca contengano elevate percentuali di lignina e cellulosa; poco utili sono gli apporti poveri (es. sovescio di erbe tenere e acquose o liquami) di questi composti, ai fini della produzione di humus;

b) *valore del rapporto C/N.* L'humus ha un rapporto C/N 10 qualunque sia quello del materiale di partenza. I rapporti C/N medi dei principali materiali sono i seguenti: letame maturo, 25; letame mediamente maturo, 30-40; letame paglioso, steli di mais o di girasole, foglie e coltetti di bietole, stami di pomodoro, ecc., 40-60; erba di leguminose, 15-20; paglie di cereali, 80-100. Durante il processo di umificazione si perde carbonio e, quindi, si ha concentrazione di azoto; alla fine del processo la produzione di humus è dell'ordine del 10-30% del materiale iniziale: ciò definisce il *coefficiente isoumico*.

Coefficiente isoumico.

Autori francesi hanno definito coefficiente *isoumico* la resa in humus della sostanza organica di partenza. *KI* è espresso come parti di humus che si formano a partire da una parte di sostanza organica indecomposta. Questo rapporto va calcolato ovviamente sulla sostanza secca.

Il coefficiente isoumico è molto variabile e non perfettamente circostanziato, dipendendo da numerosi fattori: rapporto C/N del materiale di partenza; suo contenuto di lignina, emicellulose,

Coefficienti isoumici di alcuni residui colturali.

Residui di cereali	0,1-0,15
Residui di prati	0,2-0,3
Residui di colture non graminacee	0,15-0,25
Sovesci molto giovani e acquosi	~ 0
Letame paglioso fresco	0,20-0,30
Letame maturo	0,40-0,50

ecc.; ambiente pedoclimatico; ecc. I valori più comunemente accettati di *KI* sono riportati nella tabella a fianco. Con un rapporto C/N basso (25-30), che corrisponde a contenuti di azoto superiori all'1,8-2%, i microrganismi che attaccano il materiale vi trovano

in abbondanza l'azoto che serve per la loro rapida moltiplicazione; non solo, ma una parte dell'azoto non viene utilizzato nei processi di sintesi microbiche, ma viene liberato nel terreno e messo a disposizione di eventuali coltivazioni. Quanto ora prospettato è ciò che accade interrando letame maturo o residui di leguminose, dei quali è ben noto il benefico effetto concimante sulla coltura seguente.

Se la sostanza organica ha un rapporto C/N compreso tra 30 e 40, ciò che corrisponde a contenuti di azoto compresi tra 1,8 e 1,2%, l'azoto contenuto è giusto sufficiente ad assicurare l'azione decomponente dei microrganismi.

Se il materiale interrato ha un rapporto C/N relativamente alto: > 40, corrispondente a un contenuto di azoto inferiore a 1,2%, i microrganismi che lo attaccano non trovano nel materiale stesso le quantità di azoto necessarie per moltiplicarsi, cosicché lo prelevano dalla soluzione circolante, che ne viene ad essere impoverita, e lo fanno parte integrante dei loro corpi. Questo spiega il ben noto effetto depressivo dell'interramento della paglia sulla coltura successiva.

Riorganizzazione

Da quanto detto appare chiaro che l'evoluzione dell'azoto nel terreno non è a senso unico, di passaggio da azoto organico ad azoto minerale, ma che si produce, in certe condizioni, una trasformazione dell'azoto minerale in azoto organico, con un processo chiamato di *riorganizzazione*.

In realtà questo blocco di azoto da parte dei microrganismi è provvisorio, nel senso che l'azoto sarà reso, prima o poi, quando i corpi microbici morti saranno mineralizzati.

Ma è facile capire che, in attesa di ciò, la vegetazione possa soffrire di fame di azoto per la concorrenza esercitata dai microrganismi suindicati. Il rimedio a questo effetto depressivo provvisorio è semplice: basta apportare al terreno, nel quale è stata interrata paglia o altro materiale povero di azoto (sarmenti di potatura, stocchi di mais, ecc.), una quantità di azoto sufficiente a soddisfare le esigenze dei microrganismi decomponenti, quantità stimata in circa 1 kg di azoto per ogni quintale di sostanza secca interrata.

Questo azoto, "preso in prestito" dai microrganismi, sarà restituito, alle colture seguenti, alla loro morte.

Bilancio della sostanza organica nel terreno.

In un terreno in equilibrio il contenuto di sostanza organica resta costante, cioè la quantità distrutta annualmente eguaglia quella apportata. Questo equilibrio umico si mantiene fin tanto che il ritmo degli apporti e/o delle perdite non è modificato.

L'evoluzione dell'humus nel terreno è estremamente lenta. Pertanto, in un terreno che abbia cessato di ricevere apporti organici, la sua riduzione avverrà molto lentamente. Questo può indurre in un grave errore, portando a considerare la possibilità di coltivazione senza restituzione organica al terreno.

L'equilibrio umico è sostanzialmente una questione di rotazione. Se troppo spazio hanno colture a bassa produzione di humus, si dovrà modificare la rotazione (vedi argomento successivo) ampliando le colture "umigene".

La distinzione tradizionale di *colture depauperanti e colture miglioratrici* trova la sua motivazione principale nel loro diverso valore umigeno: *colture depauperanti* sono quelle che, tra l'altro, danno luogo a un residuo umico insufficiente a bilanciare la perdita annua dovuta alla mineralizzazione. *Colture miglioratrici* sono, invece, quelle che reintegrano sostanza organica in quantità superiore al consumo: alcune di queste, le colture miglioratrici da rinnovo, perché fruenti della letamazione; altre, le pratensi, perché produttrici di grandi quantità di residui di buona qualità dal punto di vista umigeno. Con una tecnica colturale razionale la distinzione tra colture sfruttanti e miglioratrici si attenua.

AVVICENDAMENTO

L'avvicendamento è la successione nel tempo di colture diverse, così che sullo stesso terreno una specie torna a intervalli opportunamente lunghi.

La *coltura ripetuta* o *monosuccessione* non va confusa con la *monocoltura*, termine che indica la coltivazione di una sola specie su tutta la superficie aziendale.

Effetti dell'avvicendamento sulla fertilità del terreno.

L'abitabilità di un terreno nei confronti di una coltura viene fortemente influenzata dalla coltura o dalle colture che l'hanno preceduta, come conseguenza di riflessi diretti e indiretti ascrivibili ad azioni di natura fisica, chimica e biologica.

Azioni di natura fisica.

I prati poliennali, specialmente se comprendono specie a radice fascicolata, lasciano il terreno in eccellenti condizioni di struttura per la disgregazione operata dalle radici, per i residui organici lasciati, per l'opera dell'abbondante microfauna di cui i prati favoriscono la proliferazione.

Certe colture a radice fittonante profonda (erba medica, sulla, bietola) o che richiedono lavorazioni particolarmente profonde (mais, canapa), migliorano profondamente la permeabilità e la porosità degli strati di suolo più profondi, di ciò la coltura successiva trae evidente vantaggio con notevole risparmio sulla spesa di aratura.

Colture che impongono intenso calpestio di macchine o di operatori, irrigazioni ripetute, o che lasciano prolungatamente la superficie del suolo scoperta ed esposta all'azione battente delle piogge, possono lasciare in cattive condizioni di struttura certi terreni limosi-argillosi.

Azioni di natura chimica.

Le principali azioni di questo tipo derivano da arricchimento o depauperamento di qualche elemento nutritivo o di qualche importante costituente, come la sostanza organica.

Talune colture sono particolarmente avidi di certi elementi (ad esempio, le graminacee per l'azoto, le chenopodiacee per il potassio) e alla fine del loro ciclo lasciano il terreno impoverito. Invece le leguminose arricchiscono il suolo di azoto in quantità spesso notevole.

Un'importantissima componente determinante per la fertilità del terreno è la sostanza organica. Diverse colture influenzano moltissimo il bilancio di questo costituente del terreno agrario: alcune di esse (umigene) apportano, o coi loro residui o per le concimazioni organiche che ricevono, più humus di quanto non se ne mineralizzi durante il loro ciclo produttivo; con altre, il bilancio umico chiude in pareggio; con altre ancora, chiude in passivo.

Azioni di natura biologica.

Le piante esercitano notevole influenza sulla vita microbica del terreno e sulla flora e fauna patogena e infestante. Esiste una stretta interazione tra la specie coltivata e la microflora del terreno, interazione della quale risente la coltura successiva. Può trattarsi di rilascio di sostanze capaci di influenzare, positivamente o negativamente, la popolazione microbica; oppure l'azione è connessa alla natura dei residui lasciati, che in certi casi (es.: paglia interrata) porta la microflora a entrare in competizione con la coltura successiva per l'azoto.

La successione colturale può modificare sostanzialmente l'entità e il tipo dell'infestazione di malerbe: certe colture la riducono perché sono sarchiate o diserbate (mais, barbabietola, pomodoro, girasole) o perché sono "soffocanti" (canapa, girasole, prati). Altre colture invece lasciano libero campo per diffondersi a molte erbacce, per cui la loro coltura ripetuta porta a infestazioni di anno in anno più forti. Inoltre quando gli erbicidi non riescono a controllare tutte le specie infestanti, può insediarsi la cosiddetta "flora di sostituzione" costituita dalle poche specie resistenti che si diffondono costituendo un vero e proprio tappeto di una sola specie di infestante.

L'alternanza di colture diverse permette di contenere notevolmente la diffusione delle malerbe. Ripetere annualmente o a brevi intervalli di tempo la stessa coltura porta, inoltre, a favorire lo sviluppo di molti parassiti animali e vegetali, che per mezzo di spore, miceli, uova, larve, cisti, semi sopravvivono da un anno all'altro, addirittura per parecchi anni, nel terreno o nei residui delle piante di cui sono ospiti specializzati.

È quasi sempre più conveniente contenere la carica patogena del terreno aumentando il tempo di ritorno della specie considerata sullo stesso campo, che intervenire con mezzi diretti di lotta (disinfezione, ecc.).

Stanchezza.

Quando la progressiva diminuzione della produzione di certe colture troppo spesso ripetute sullo stesso terreno è provocata dalle cause sopraelencate e da altre diverse e ancora sconosciute nella loro essenza si parla di *stanchezza del terreno*.

Qualunque siano le cause, note o ignote, della "stanchezza", è certo che alcune colture non possono essere coltivate se non opportunamente avvicendate con altre. Altre specie, invece, risentono poco della coltivazione ripetuta, tanto da potersi ripetere per periodi di tempo anche lunghi.

Diversi autori citano tra le *colture poco sensibili alla stanchezza* le graminacee foraggere pratensi, il mais, il riso, la patata, la canapa, il lupino, ecc.

Colture sensibili alla stanchezza sono invece: bietola, carota, cavolfiore, pomodoro, peperone, girasole, insalata, pisello, veccia, fagiolo, fava, erba medica, trifogli, vigna, ecc.

Principi dell'avvicendamento delle colture.

Le considerazioni fatte sopra, sugli effetti della coltivazione di una specie sulla coltura successiva, hanno portato fin da tempi immemorabili ad avvicendare sul terreno colture diverse.

In particolare si è imposta la distinzione tra colture miglioratrici e depauperanti. Ci sono colture che, ordinariamente, lasciano il terreno più fertile di come lo hanno trovato e che vengono dette *colture miglioratrici*.

Quelle che, invece, al termine del loro ciclo lasciano il terreno dotato di minore fertilità sono dette *depauperanti* o *sfruttanti*.

Regola fondamentale di ogni avvicendamento è quella di alternare colture miglioratrici con colture depauperanti.

L'incremento di fertilità indotto dalle colture miglioratrici può essere dovuto:

a) ai lavori profondi che certe colture richiedono (mais, barbabietola, patata, canapa, tabacco, ecc.) e che portano ad un miglioramento dello *stato fisico* del suolo;

b) ad un aumento di sostanze utili alla nutrizione delle piante, come si verifica al termine del ciclo di coltivazione delle leguminose che migliorano, pertanto, soprattutto lo *stato chimico*;

c) tanto per effetto di lavori (preparatori profondi, o ripetuti nel corso della coltura) quanto ad incremento di sostanze fertilizzanti (leguminose da granella come fava, fagiolo, dette anche *colture magesate*).

Si possono pertanto distinguere tre gruppi di colture miglioratrici:

1) *Miglioratrici da rinnovo*, che migliorano soprattutto lo stato fisico del suolo, grazie alle lavorazioni più profonde del normale, alle concimazioni letamiche che esse generalmente richiedono, al buon rinettamento dalle erbe infestanti che assicurano, essendo colture sarchiate o soffocanti.

2) *Miglioratrici pratensi*, le quali arricchiscono lautamente di materia organica il terreno, grazie ai loro abbondanti residui.

3) *Magesate*, le quali lasciano il terreno affinato e netto da erbe infestanti sia per effetto dei lavori consecutivi che si praticano loro, sia perché liberano il suolo con molto anticipo rispetto alla semina della coltura successiva (es. fava).

Le colture depauperanti costituiscono un gruppo omogeneo di specie. Le principali sono rappresentate dai cereali da granella come frumento, avena, orzo, segale i quali hanno caratteristiche biologiche, esigenze agronomiche e fabbisogni alimentari assai simili.

Da quanto detto può ricavarsi la seguente espressione generale dell'avvicendamento razionale:

- 1) coltura miglioratrice da rinnovo o maggesata;
- 2) coltura depauperante;
- 3) coltura miglioratrice pratense;
- 4) coltura depauperante;

dalla quale appare chiara la regola di alternare convenientemente le colture miglioratrici da rinnovo e quelle pratensi.

In mancanza di colture da rinnovo le maggesate possono prenderne il posto.

Lo schema generale dell'avvicendamento può variare per il numero di colture da farsi, la loro durata e la loro relativa estensione: ciò dà luogo ad una estesissima gamma di tipi.