



La sostanza organica nel terreno

Silvio Fritegotto silvio@fritegotto.it

Molto spesso si sottovaluta l'importanza della sostanza organica, ma essa, oltre all'estrema importanza come fonte di nutrienti per il sistema vegetale, ha anche un enorme ruolo come riserva di carbonio

La **sostanza organica** del terreno rappresenta la più grande riserva terrestre di carbonio (C), con 1500 miliardi di tonnellate di C organico, mentre nell'atmosfera sono presenti 720 miliardi di tonnellate di C sotto forma di anidride carbonica (CO₂) e solo 560 si trovano nella biomassa vegetale. Tali forme sono rimaste in un equilibrio stabile fino all'avvento delle attività umane e dell'era industriale, quando

l'uso di combustili e la deforestazione hanno determinato una forte diminuzione della biomassa vegetale e della sostanza organica del terreno, con conseguente aumento dell'anidride carbonica in atmosfera.

La sostanza organica quindi, oltre all'estrema importanza come fonte di nutrienti per il sistema vegetale, ha anche un enorme ruolo come riserva di carbonio. Questo ruolo è balzato all'attenzione solo recen-





temente, quando il problema dell'emissione di anidride carbonica nell'atmosfera e il conseguente aumento della temperatura hanno raggiunto dimensioni tali da richiamare l'attenzione pubblica e costringere a utilizzare tutti i mezzi a disposizione per ridurre le emissioni di CO₂. Infine bisogna sottolineare l'importanza ambientale di preservare la sostanza organica per combattere il disastro socio-economico derivante dal progredire dei fenomeni erosivi e di desertificazione dei terreni agricoli.

Da qui nasce la necessità di conoscere a fondo che cos'è la sostanza organica, come arriva al suolo e come si trasforma, quali sono i fattori che influenzano la mineralizzazione e l'accumulo e infine quali sono le sue funzioni nel sistema terreno agrario.

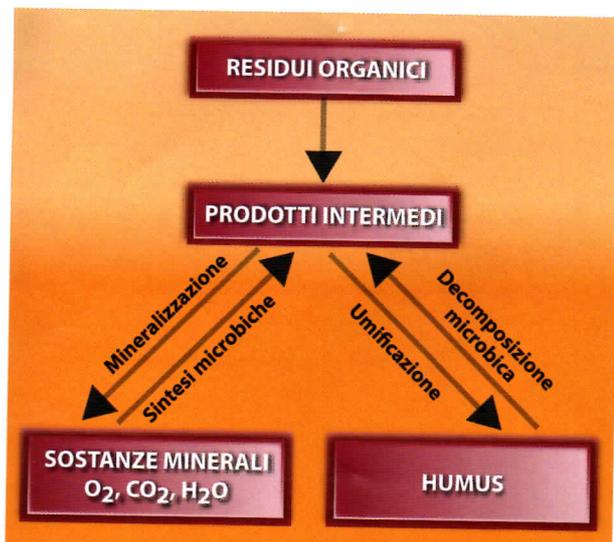
Il contenuto di sostanza organica nei terreni varia da meno dell'1% nei suoli molto sabbiosi o desertici, a valori medi tra l'1 e il 4% nei terreni agrari, fino a oltre il 10% nei suoli forestali, soprattutto in ambiente montano, e a più del 90% nelle torbe.

La sostanza organica del terreno è costituita da molecole a base di carbonio, azoto, ossigeno, idrogeno e in misura minore fosforo, potassio, zolfo, ferro ecc.

La sostanza organica labile è costituita da composti organici di base come gli zuccheri, i peptidi, le proteine enzimatiche, gli acidi nucleici, che possono essere presenti liberi nel terreno.

La sostanza organica stabile è costituita dall'humus che è in grado di migliorare le caratteristiche fisiche e strutturali, chimiche e biochimiche del suolo, ha funzioni in parte nutrizionali, attiva alcune funzioni metaboliche, microbiche ecc.

Nel terreno la sostanza organica si trova in differenti stadi di evoluzione:



COSA È L'HUMUS?

L'humus è un composto di natura polimerica con composizione incostante a seconda della genesi, a elevato peso molecolare, con caratteristiche colloidali, molto resistente al deterioramento, con rapporto C/N ≈ 10 (≈ 50% C e 5% N).

Durante il processo di umificazione si perde C e quindi si ha la concentrazione di N (Azoto).

Tabella 1. Alcuni valori dei rapporti C/N di alcuni materiali organici suscettibili di fornire humus.

Paglia di cereali	C/N ≈ 100
Stocchi di mais	C/N ≈ 82
Letame bovino maturo	C/N ≈ 27
Letame bovino mediamente maturo	C/N ≈ 35
Pollina fresca	C/N ≈ 6
Prato stabile	C/N ≈ 19
Torba naturale	C/N ≈ 20

COSA FA L'HUMUS?

L'humus (o sostanze umiche) del terreno:

- ✓ rende un terreno meno fragile o meglio strutturato;
- ✓ aumenta la capacità di un terreno di catturare luce e calore mediante la sua colorazione scura;
- ✓ costituisce una fonte di cibo a lungo termine per i microrganismi;
- ✓ interviene nelle loro attività di crescita o riproduzione;
- ✓ ha la capacità di "legare" alcuni metalli come il ferro o l'alluminio, che sono molto importanti per la crescita delle piante, restituendoli alla pianta stessa nel momento del bisogno.

GLI ATTORI DELLA UMIFICAZIONE

I lombrichi assicurano il mescolamento nel terreno dei residui organici. Portano la sostanza organica a contatto con i microrganismi. Gli insetti del terreno, insieme ad altri artropodi svolgono un lavoro di sminuzzamento e amminutamento dei residui organici, consentendo ai microrganismi del terreno di accedere a tutte le parti dei residui organici.

Batteri e microrganismi crescono rapidamente quando della sostanza organica è aggiunta al terreno con i sovesci, i residui colturali, il letame, i concimi organici ecc. Essi svolgono una veloce degradazione dei componenti organici quando sono semplici come gli zuccheri, gli aminoacidi e le proteine di alta qualità. La degradazione sarà lenta quando i componenti sono più complessi come la cellulosa, la lignina, la chitina ecc.



INFLUENZA DELLA SOSTANZA ORGANICA SULLE PROPRIETÀ CHIMICO-FISICHE DEL TERRENO

La sostanza organica ha un effetto diretto sulla crescita delle piante grazie alla sua influenza sulle proprietà fisiche, chimiche e biologiche del terreno. Essa infatti favorendo la strutturazione, facilita le coltivazioni e consente la circolazione di aria e soluzioni nutritive all'interno del terreno stesso. Ha un'elevata superficie specifica, interagisce con i microelementi e con i minerali, agisce come scambiatore cationico, infatti ha un'elevata CSC (Capacità di Scambio Cationico) e costituisce una riserva di azoto.

La sostanza organica contiene inoltre il 20-80% del fosforo presente nel terreno, e oltre il 90% dello zolfo totale. Essa costituisce la fonte energetica per i batteri azoto-fissatori, favorisce lo sviluppo delle radici (quindi le possibilità nutritive della pianta), e la germinazione dei semi. Stimola processi fisiologici e biochimici del metabolismo cellulare e svolge una funzione di filtro permettendo di diminuire gli effetti tossici di metalli pesanti e fitofarmaci.

Nel dettaglio, la sostanza organica può dar luogo allo sviluppo di aggregati, di dimensioni variabili a seconda delle caratteristiche di tessitura del terreno, ovvero della prevalenza tra le componenti minerali di sabbia, limo e argilla. Queste particelle possono disporsi e organizzarsi spazialmente grazie all'azione di ioni o cementi organici e inorganici e costituire quella che viene chiamata la *struttura del suolo* determinando la forma e le dimensioni degli spazi vuoti (macropori e micropori) all'interno di questo.

La presenza di sostanza organica garantisce una buona porosità, che aumenta l'aerazione e il drenaggio del terreno. Ciò favorisce lo sviluppo delle radici, l'attività della biomassa ed è di stimolo per l'attività dei cicli degli elementi nutritivi da cui dipende la fertilità del terreno.

La conservazione di una buona struttura del terreno ha poi delle implicazioni ambientali connesse con l'erosione. Infatti, lo sfaldamento degli aggregati e il conseguente ruscellamento in seguito a violente piogge portano alla perdita degli strati superficiali del terreno più ricchi in materiale nutritivo causandone l'impoverimento, e conseguenti problemi di inquinamento e fenomeni di eutrofizzazione e interrimento di canali e fiumi.

La sostanza organica ha inoltre una forte influenza sul pH del terreno, in quanto provoca una sua leggera acidificazione, perché stimola la crescita della biomassa microbica che produce CO_2 . Inoltre le radici di molte piante rilasciano acidi organici come l'acido ossalico, il citrico ecc.

La sostanza organica influenza la capacità di ritenzione idrica non solo perché aumenta la porosità e migliora la struttura del suolo, ma anche perché è in grado di trattenere grandi quantitativi di acqua. L'acqua trattenuta dalla sostanza organica influenza notevolmente il regime di temperatura del suolo a causa della sua capacità termica. Il terreno infatti si raffredda e si riscalda molto più lentamente quando il contenuto di acqua è elevato. Un fattore molto importante nel determinare la temperatura del terreno è anche il suo colore. Anche bassi contenuti di sostanza organica possono modificare intensamente il colore del suolo perché la sostanza organica può essere finemente suddivisa e ricoprire le particelle argillose.





La quantità di humus prodotta dai diversi materiali organici secchi o freschi, dipende da diversi fattori che vediamo più avanti, e la resa in humus è legata prevalentemente dalla qualità della sostanza organica di partenza.

Di grande importanza è il rapporto tra Carbonio e Azoto (C/N) contenuti nei materiali interrati. Questo, infatti, influenza molto i processi di umificazione e i tempi del rilascio degli elementi nutritivi. In linea generale, si può dire che con un rapporto C/N basso (<10) si ha un rapido rilascio di nutrienti e una scarsa umificazione, mentre con un rapporto alto (>30) accade l'inverso. La resa in humus della paglia di frumento, per esempio, è diversa dal letame o da un sovescio. Va detto comunque che, affinché un materiale organico possa essere trasformato in humus, è necessaria la presenza di sostanza organica di origine vegetale: le sole deiezioni animali non sono in grado di dare humus.

Il valore della resa in humus, viene quantificato da un coefficiente, detto *coefficiente isoumico*, espresso col simbolo K1, e viene applicato alla sostanza organica contenuta nei materiali di partenza.

Nell'esempio 1, è stato calcolato quanto humus possono dare 100 quintali di letame mediamente maturo, che ha un coefficiente isoumico (K1) di circa 0,3. Da ciò si ricava che 100 q.li di letame (S.S = 22% e K1 = 0,3), si ottengono circa 660 kg di humus.

Ovviamente ogni prodotto (residui vegetali, concimi organici ecc.) ha un coefficiente isoumico differente col quale si potrà calcolare la resa in humus relativa (cfr. *tabella 2*).

Esempio n. 1. Se si apportano 100 q.li/ha di letame mediamente maturo, di quanto aumenta la sostanza organica del terreno?

Umidità media 78%

Sostanza secca 22%

Sostanza organica $100 \times 22/100 = 22$ q.li

Conversione letame > humus

Humus o Sostanza Organica = $22 \times 0,3 = 6,6$ q.li = 660 kg

Coefficiente di mineralizzazione (K2) e tasso di mineralizzazione della sostanza organica

Il coefficiente di mineralizzazione (K2) indica la quantità di S.O. che mediamente si consuma o, meglio, si mineralizza in un anno. Questo coefficiente varia in funzione delle caratteristiche pedologiche ed è influenzato dal clima e dalla gestione del suolo. Assume valori elevati per i terreni leggeri e ossigenati, e valori più bassi per quelli pesanti. La mineralizzazione è contenuta nelle stagioni fredde e più spinta, nei periodi di siccità e nelle stagioni caldo umide. È esaltata dall'aerazione del terreno conseguente alle lavorazioni, quindi dalla lunghezza del periodo in cui questo resta scoperto e arieggiato. Sulla base dei lavori di diversi autori il valore medio di K2 (indicato in *tabella 3*) da < 1,0% per i terreni argillosi, fino al 2,2% per i terreni sabbiosi.

Tabella 2. Caratteristiche di alcuni materiali organici suscettibili di fornire humus (Estratto da Panero et al.).

	Sostanza Secca %	Sostanza Organica %	Rapporto C/N	Coefficiente Isoumico K1	Humus Stabile x Tonn. di prodotto (K1 x S.O. x 10)
Residui vegetali					
Paglia di grano	88,91	82,79	111	0,15	124,18
Paglia di orzo	86,40	81,14	87	0,15	121,70
Stocchi di mais	86,00	80,76	81	0,20	161,52
Concimi organici					
Letame bovino mediamente maturo	22,00	16,40	29	0,30	49,20
Letame equino	30,00	26,30	23	0,30	79,00
Pollina secca	85,80	63,00	7	0,30	189,00
Erbai e materiali da sovescio					
Erbaio medica	19,60	17,97	16	0,25	44,92
Erbaio segale	14,09	12,77	18	0,20	25,54
Erbaio veccia	13,85	12,75	15	0,25	31,87
Prato Stabile	17,56	15,76	19	0,20	31,50



Tabella 3. Valori medi di K2 applicabili a differenti terreni.

TIPO DI TERRENO	K2 %
Sabbioso	1,8 - 2,2
Limoso	1,0 - 1,8
Argilloso	< 1,0

Per effettuare il calcolo della S.O. mineralizzata in un anno in un determinato tipo di terreno, i dati necessari sono solo tre:

- il peso del terreno;
- la percentuale di S.O. presente;
- il K2 attribuito al tipo di terreno.

a) Peso del terreno. Il peso di un ettaro di terreno per la profondità dello strato arabile, per esempio di circa 30 cm, va dalle 3.000 tonnellate per un terreno argilloso, alle oltre 4.000 per un terreno sabbioso. Questi valori si ottengono moltiplicando i 3.000.000 di dm³ (equivalenti a litri) contenuti nel parallelepipedo formato dai 10.000 mq di un ettaro di terreno con un'altezza di 0,30 m, per il peso specifico attribuito a quella tipologia di terreno.

Bilancio della sostanza organica

Esempio n. 2. Sostanza organica persa per mineralizzazione, asportazione e lisciviazione

(P) = Contenuto iniziale di S.O. x K2

- Contenuto in S.O. del terreno 2%
- Profondità di lavorazione e/o esplorazione della maggior parte delle radici 30 cm
- Peso specifico 1,2 t/m³

Contenuto in S.O. = 10.000 mq x 0,3 m = 3.000 m³ x 1,2 t/m³ = 3.600 tonn. 3.600 tonn. x 2% S.O. = 720 q/ha di Sostanza Organica

d) Con un K2 di un terreno medio limoso pari a 1,4%
P (S.O. persa) = 720 q/ha x 1,4% = 10,08 q/ha = 1.008 kg/ha

Esempio n. 3. Sostanza organica apportata con i residui colturali (A) = Residui colturali x K1

Si interrano 30 q.li/ha di paglia di frumento + una stima di 5 q.li di stoppie e radici con K1 = 0,15

A (apporti) = 35 q.li/ha x 0,15 = 5,25 = 525 kg/ha

Bilancio (± Variazioni di S.O.) = A - P

A (apporti) - P (perdite) = 525 kg/ha - 1.008 kg/ha = -483 kg/ha di sostanza organica persa per anno

Esempio n. 4. Se il contenuto di sostanza organica del nostro terreno, come da es. 2, è pari a 720 q.li/ha pari a 72.000 kg/ha e ogni anno abbiamo un deficit o una perdita di 408 kg/ha di sostanza organica, il calcolo seguente $72.000/483 = 149$, cioè in 149 anni si esaurirebbe completamente la sostanza organica nel nostro terreno.

A questo punto la domanda è: quanta S.O. occorre apportare per portare in pareggio il bilancio della S.O. nel suolo (Q) ?

$$Q = (H \times K2)/K1$$

dove:

Q = sostanza organica da apportare al terreno per mantenere costante il suo contenuto in humus (in S.S.);

H = quantità di humus presente;

K2 = coefficiente di distruzione dell'humus nel terreno = 1,4%;

K1 = coefficiente isoumico del fertilizzante organico che si intende utilizzare.

Esempio n. 5 . Nell'esempio 1 precedente, è stato calcolato quanto humus possono apportare 100 q.li di letame mediamente maturo (K1=0,30), che è pari a 660 kg/ha di humus.

La perdita di sostanza organica come da bilancio A (apporti) - P (perdite) = 600 kg/ha - 1.008 kg/ha = -408 kg/ha di sostanza organica persa per anno. E' chiaro che la quantità di 100 q.li di letame risulta più che sufficiente per apportare la sostanza organica persa/anno.

Il calcolo seguente invece, vuole calcolare la quantità di letame che sarebbe necessario apportare per reintegrare la quantità di S.O. persa senza interrare la paglia di grano come residui di coltivazione (per semplicità di esempio di calcolo non si considerano le stoppie e le radici che restano sul campo):

$$Q = (720 \text{ q.li/ha} \times 0,014)/0,30 = 33,6 \text{ q.li/ha di S.S. di letame}$$

Poiché il letame ha un contenuto di S.S. del 22%
 $33,6/0,22 = 152,73 \text{ q.li/ha di letame bovino mediamente maturo. } \blacktriangle$