

## Microbiota terricolo: ruolo nella formazione e mantenimento dei depositi di carbonio

Andrea Squartini

Università di Padova, Dipartimento di Agronomia, Animali, Alimenti, Risorse Naturali e Ambiente DAFNAE, Viale dell'Università 16, 35020, Legnaro (PD).

E-mail: [squart@unipd.it](mailto:squart@unipd.it)

Nella trattazione di un argomento, sia in sede di insegnamento che di divulgazione scientifica, è sempre estremamente valido il principio secondo il quale *un'immagine vale mille parole*. Nel caso in oggetto, dovendo trattare il nesso tra microrganismi del suolo e immagazzinamento di carbonio nello stesso, ho ritenuto molto illuminante la scena che apre il seminario al quale si riferisce il presente riassunto esteso e che proviene da un video diffuso dalla Dr.ssa Christine Jones (University of New South Wales) promotrice di un movimento per la sensibilizzazione al problema del mantenimento degli stocks di carbonio nei suoli agrari (<http://www.amazingcarbon.com/>). L'immagine, visualizzabile al primo minuto dell'intervento presentato dalla Dr.ssa Jones alla Fuller Field Summer School 2015 presso Emporia (KS) <https://vimeo.com/149989170>, ritrae un campo coltivato a grano in Australia ed è stata scattata durante una stagione siccitosa come denotato dal prematuro ingiallimento, dal disseccamento e dalla taglia stentata della coltura. Ciò che colpisce è però notare che nel mezzo del campo vi è una stretta striscia lungo la quale il grano è rimasto perfettamente verde, sano e produttivo. La particolarità di quella striscia consiste nel fatto che, fino all'anno precedente, coincideva con una barriera di recinzione che separava il campo in due appezzamenti. La recinzione, in seguito all'accorpamento delle due proprietà era stata poi rimossa e il campo riunito in una superficie unica, da allora in poi lavorata e coltivata integralmente. Ma fino all'anno prima e per un periodo di oltre trent'anni di coltivazione la recinzione aveva costituito una zona 'di rispetto' non lavorabile, non fertilizzata e non trattata con agrofarmaci, lungo la quale una indisturbata vegetazione spontanea si sviluppava per tutto l'anno su una striscia di suolo altrettanto indisturbato. La chiave della differenza tra il suolo che era stato così preservato e quello che era stato ripetutamente coltivato è da ricercarsi nell'effetto impartito al suolo da quelle piante. Un terreno *costantemente* coperto da vegetazione riceve da essa un flusso *ininterrotto* di essudati radicali sotto forma di prodotti organici della fotosintesi. Tali composti alimentano, in un substrato minerale altrimenti povero, i microrganismi della rizosfera, tra cui numerose specie di batteri e funghi e tra questi anche i funghi micorrizici. Le ife fungine, e in particolare quelle micorriziche, sono un allacciamento diretto tra la sostanza organica solubile profusa dalle piante e la frazione minerale del suolo. Sono questi flussi che in primis permettono ad un suolo di aumentare il proprio contenuto di sostanza organica e portano alla sua strutturazione in aggregati capaci di conservare carbonio. L'interazione tra minerali argillosi, costituiti per lo più da foglietti piatti tendenti all'impaccamento, e molecole organiche, dotate invece di tridimensionalità irregolari nelle molte forme, è il fattore che impartisce quel grado di disordine che rende il substrato capace di ospitare aria, acqua e, di conseguenza, vita. Ciò spiega quello che la striscia rimasta verde nel campo di cereale secco esprimeva con tanta evidenza in quel paesaggio. La presenza di una fascia di suolo realmente ben strutturato, con la adeguata microporosità e la conseguente capacità sia di infiltrare che di mantenere una sufficiente riserva di acqua e di nutrienti ha permesso al grano di continuare a vegetare a dispetto della condizione climatica che aveva stressato quanto seminato a destra e sinistra di quella striscia. Da questo chiaro esempio è possibile trarre una eclatante riflessione. Sia la striscia viva che il resto di quella coltura condividono tutte le variabili ambientali: stesso anno, stessa cultivar, stessa fertilizzazione, stesso clima e soprattutto stessa piovosità. Ma il fatto che quel grano sia potuto rimanere verde e produttivo dimostra che la nostra definizione di 'annata particolarmente siccitosa' sia un concetto illusorio perché relativo a un nostro

modello di agricoltura e non alla realtà potenziale. Possiamo quindi dire che in effetti lì la siccità non esiste o, in altre parole, che siamo stati noi a creare il nostro 'clima' in quel campo (e non nell'atmosfera). E quello che chiamiamo 'clima inadeguato, ai fini della produttività potenziale delle nostre colture non ha a che fare con la meteorologia ma con la qualità del suolo.

Ai fini dell'accumulo di depositi di carbonio organico da questa esperienza emerge quanto fondamentale sia per un suolo l'interazione tra piante e microrganismi. Le piante grazie alla fotosintesi 'pompano carbonio liquido' nel sottosuolo e con tale rifornimento garantiscono i processi microbici che mantengono il suolo strutturato ed attivo. In situazioni naturali a questo si aggiunge anche l'alternanza di specie diverse che si susseguono durante l'anno e che aggiungono biodiversità molecolare agli essudati e permettono maggior ridondanza funzionale al corteggio microbico così alimentato. L'assenza di piante, anche temporanea, rappresenta invece una interruzione di nutrizione al sistema che lo fa conseguentemente regredire. Come un individuo lasciato affamato per vari mesi darebbe fondo alle proprie sostanze di riserva, lo stesso si registra nel suolo quando lo si lascia scoperto. Ma l'agricoltura convenzionale ha come norma la consuetudine di lasciare anche per molti mesi il suolo nudo tra colture successive e di lasciarne, anche durante la coltura, la maggior parte scoperta sotto forma di interfile e di spazi tra una pianta e l'altra sulla fila. Contrariamente a quanto gioverebbe al suolo, i nostri metodi di coltivazione hanno quindi enfatizzato il concetto di *gap*, di spazi vuoti, sia nel tempo che nello spazio, tagliando alle comunità microbiche i 'viveri' che un sistema naturale garantisce loro, rendendogli possibile il mantenimento del suolo stesso. E' in questa direzione che l'agricoltura conservativa con l'uso di cover crops sta sempre più chiaramente affermandosi per colmare tali gaps, sia letteralmente in campo, che nella nostra comprensione della sostenibilità dei sistemi produttivi.

Quanto esposto permette di inquadrare più chiaramente l'oggetto di studio e di chiarire come spesso la nostra visione dei processi risenta di una prospettiva errata. Ad esempio è luogo comune affermare che le piante sottraggano qualcosa al suolo. L'idea nasce dal considerare le colture agrarie come raccolti, la cui asportazione tolga elementi da reintegrare. In realtà, nella visione corretta, le piante costruiscono il suolo stesso, grazie alla mediazione microbica. Anche nelle praterie naturali gli erbivori sottraggono biomassa ma il loro lavoro, quando la densità di pascolo è corretta, non impoverisce ma al contrario stimola compensativamente la formazione di nuove radici, il richiamo delle stesse verso comunità microbiche più estese e il conseguente stoccaggio di carbonio.

Un altro falso mito è l'affermazione che sia il suolo a far crescere le piante, mentre, come dimostrato da quanto sopra esposto, sono le piante a far crescere il suolo. Senza la copertura vegetale e senza le sue interazioni con il comparto microbico, non si giungerebbe infatti ad un substrato che sia possibile definire suolo.

E' singolare peraltro registrare che i cambiamenti di paradigma che stanno portando a pratiche efficaci di agricoltura rigenerativa e sovvertendo diversi dogmi sulla possibilità di incrementare in tempi brevi il contenuto di carbonio organico dei suoli, non vengano da ricerca svolta in istituzioni accademiche ma dalle sperimentazioni di agricoltori indipendenti. E' il caso di Colin Seis e della pratica del *Pasture Cropping* in territorio australiano (<https://vimeo.com/179124892>), che consiste nella semina di cereali su un manto di vegetazione nativa durante la stagione nella quale quest'ultima si secca, e che garantisce una copertura continua del suolo nell'alternarsi della coltura e del ricaccio della vegetazione nativa. Ripetendo questa gestione per 15 anni, e permettendo anche il periodico pascolo di ovini per tempi ben regimati, è stato possibile dimostrare un incremento di carbonio organico fino ad oltre il 400% e raddoppiare la capacità di infiltrazione e trattenimento dell'acqua raggiungendo il valore di 360 000 litri per ettaro, nei confronti di un terreno adiacente sottoposto a gestione convenzionale. E' significativo inoltre osservare la distribuzione del carbonio organico lungo il profilo di profondità e notare che il massimo accumulo non si registra in superficie ma nella fascia tra i 30 e 40 cm, zona nella quale si ha il massimo di densità e attività delle radici e il conseguente massimo di scambi con i microrganismi rizosferici.

Una parallela esperienza in continente americano da parte dell'agricoltore e coordinatore di gruppi di sperimentazione territoriale Gabriel Brown (<https://vimeo.com/149786252>), ha mostrato la

possibilità di passare da un contenuto di 1,7 % ad uno di 6,1 % di sostanza organica del terreno nell'arco di 16 anni attraverso l'adozione progressiva ed additiva delle pratiche di: a) non lavorazione, b) diversificazione delle colture nella rotazione, c) introduzione di cover crops, d) uso di cover crops multi-specie con estensione della stagione di copertura a tutto l'anno, e) introduzione di bestiame pascolante. Queste importanti lezioni rendono più chiaro quale sia il percorso con il quale sia possibile assecondare la capacità naturale dei terreni a tornare a fungere da serbatoi di carbonio. Il legame tra fisiologia attiva di una copertura verde e microrganismi, che archiviano sostanza organica costruendo stabili aggregati, illustra la modalità più efficace per garantire l'obiettivo desiderato. Al tempo stesso ciò mette in luce e chiarisce la relativa fallacia di soluzioni alternative anche quando queste rappresentino pratiche di antica adozione. Infatti sia l'incorporazione di letame che il sovescio di colture sono, in confronto, pratiche di seppellimento di sostanza organica morta e rappresentano quindi tentativi di trovare una scorciatoia nei confronti della via rappresentata invece dal flusso di carbonio liquido, graduale e continuo elargito da un manto di vegetazione viva. Scaricare lotti di carbonio organico solido da smaltire non alimenta infatti i microrganismi costruttori di aggregati come i funghi micorrizici ma bensì una microflora decompositiva saprofitica/necrotrofica che non origina le stesse micro-architetture conservative.

Dopo questa disamina di numerose evidenze empiriche e dei risultati anche sorprendenti di sperimentazioni di campo, concentrando l'attenzione sul ruolo dei microrganismi nella genesi della sostanza organica dei suoli, è interessante esporre risultati di un approccio di alto livello scientifico rappresentato da una recente pubblicazione apparsa sulla rivista Nature Communications (Kallenbach et al., 2016). In questo lavoro, che ha già ricevuto un alto numero di visualizzazioni e citazioni, viene dimostrato in maniera molto elegante come la struttura biochimica della sostanza organica del suolo sia integralmente opera dei microrganismi e sia indipendente da quella del materiale vegetale da cui deriva. Gli autori hanno eseguito esperimenti di genesi della sostanza organica del suolo in microcosmi ricostruiti a partire da materiale esclusivamente minerale, somministrando substrati organici puri di diversa natura; zuccheri semplici o, separatamente, miscele di composti organici vegetali o singole molecole di natura aromatica ligninica (siringolo). Per innescare i processi veniva aggiunta una dose diluita di inoculo microbico proveniente da suolo. Incubando i microcosmi per 15 mesi i prodotti formati venivano periodicamente analizzati via pirólisi – gascromatografia - spettrometria di massa. E' risultato evidente come lo spettro dei prodotti che apparivano nei microcosmi fosse costantemente simile a quelli riscontrati in un reale suolo maturo di controllo e avesse sempre la stessa composizione, indipendentemente dal tipo di composti organici con cui i microcosmi venivano alimentati. Anche cambiando il tipo di minerali di partenza (montmorillonite o kaolinite) il risultato non veniva alterato. Paralleli test di respirazione e di aumento della biomassa microbica confermavano inoltre che i substrati erano innanzitutto stati processati esaustivamente dai microrganismi prima di andare a costituire la sostanza organica dei neo-suoli così formati.

Quanto osservato dimostra come il carbonio organico che troviamo nei terreni sia prodotto per elaborazione microbica e rafforza il ruolo e l'influenza che possiamo attribuire ai microrganismi nella genesi e nella stabilità del nostro ambiente.

E' pertanto possibile integrare ed aggiornare il paradigma: “Non è il suolo a far crescere le piante; sono invece le piante, *attraverso la mediazione dei microrganismi*, a far crescere il suolo”.

## Ringraziamenti

L'autore ringrazia sentitamente per segnalazioni e stimolanti discussioni il Dr. Andrea Fasolo, le cui riflessioni basate sulla propria personale esperienza di campo in tema di agricoltura conservativa sono pubblicamente consultabili su blog al seguente indirizzo <https://agrologos.tumblr.com/>

## Bibliografia

KALLENBACH C.M., FREY S.D., GRANDY A.S. (2016): *Direct evidence for microbial-derived soil organic matter formation and its ecophysiological controls*, «Nature Communications», 7. 1630, pp. 1-10. DOI: 10.1038/ncomms13630

## **Abstract**

When assessing the microbial contribution to carbon deposition in soil it is fundamental to recognize that the input starts with plants. The year-round availability of a green, active plant cover ensures a flux of liquid carbon being pumped underground to fuel the soilborne microbiota. The direct connection with mycorrhizal fungi leads, through their hyphal turnover, to a delivery of the carbon into soil mineral fractions, structuring them into stable aggregates.

An in vitro soil genesis experiment starting from pure clay minerals, and testing different organic substrates fed to a microbial inoculum, has shown that the result is always a mixture of microbially-derived products, irrespective of the organic compounds processed. This shows that soil organic carbon is not representing the biochemistry of the starting plant material but rather that of the microorganisms that process it.

It is therefore possible to reformulate a paradigm; “it is not soil that grows plants; on the contrary, plants grow soil and they achieve that goal thanks to the microbial mediation.