



# IL SUOLO E I SUOI MICRORGANISMI: IMPORTANZA E APPLICAZIONI IN AGRICOLTURA

■ Secondo la definizione dell'International Standard Organization (ISO, 1996), con il termine "suolo" si definisce "lo strato superiore della crosta terrestre, formato da particelle minerali, materia organica, acqua, aria e organismi viventi". Il suolo costituisce, pertanto, l'interfaccia tra la geosfera, l'atmosfera e l'idrosfera, e condiziona in maniera significativa la biosfera, con gli animali e i vegetali che in essa vivono e da essa traggono sostentamento.

In agricoltura il suolo è stato per lungo tempo considerato poco più che un supporto meccanico per le radici, a cui aggiungere l'acqua e le sostanze nutritive necessarie per la crescita delle piante; invece la componente biotica nel suolo è talmente rilevante che esso potrebbe essere a tutti gli effetti considerato come un tessuto di un organismo vivente, come la "pelle" del nostro pianeta. Soltanto in tempi recenti si è cominciato a prestare attenzione alla salvaguardia del suolo e della biodiversità in esso presente, e a tenere nella debita considerazione i microrganismi: essi sono infatti fra gli attori principali dei cosiddetti "servizi ecosistemici", che comprendono: il ciclo della sostanza organica, la regolazione della disponibilità degli elementi nutritivi e della loro asportazione da parte delle colture, lo sviluppo delle piante, il controllo dei patogeni, la difesa da fattori di stress biotici e abiotici, il mantenimento della struttura del suolo e la regolazione dei processi idrologici, gli scambi gassosi e il sequestro del carbonio, il disinquinamento. Pertanto non si può più ignorare che il benessere della pianta è fortemen-

” *Non si può più ignorare che il benessere della pianta è fortemente condizionato dai microrganismi del suolo e dalle loro attività.*

te condizionato dai microrganismi del suolo e dalle loro attività o, per dirlo con altre parole, dalla fertilità biologica del suolo.

## LA FERTILITÀ BIOLOGICA

In un grammo di suolo ci sono miliardi di cellule microbiche, e la frazione minerale, quella organica, quella microbica e quella vegetale sono strettamente interconnesse a formare un sistema complesso. Intorno alla radice si crea una zona molto ricca di microrganismi utili, in particolare funghi micorrizici e batteri promotori di crescita (PGPB, *plant growth promoting bacteria*), grazie alla produzione di essudati radicali che li attirano e ne favoriscono germinazione e crescita; da ciò la pianta trae beneficio grazie ad un conseguente miglior stato fisiologico e sanitario ed una maggior efficienza d'uso dei fertilizzanti e dell'acqua, e pertanto anche la qualità e la quantità delle produzioni ne possono derivare un miglioramento.

Particolare interesse è stato rivolto, nello studio della microbiologia del suolo, ai funghi micorrizici. Si tratta di microrganismi che formano una simbiosi mutualistica con le radici delle piante, nella quale i funghi ricevono nutrimento dalla pianta sotto forma di molecole organiche prodotte per fotosintesi, che contraccambiano assorbendo e traslocando alla pianta

nutrienti minerali ed acqua. L'interazione fra i due organismi si arricchisce poi di una complessa serie di forme di comunicazione e di reciproca regolazione del metabolismo e della risposta fisiologica. Quasi tutte le essenze vegetali formano simbiosi micorriziche; fanno eccezione Brassicaceae, Chenopodiaceae, alcune Ciperaceae, *Lupinus*.

Sono comunque molte le diverse popolazioni microbiche che nel suolo interagiscono fra loro formando quello che viene definito il "soil food web", e comprendono sia microrganismi nocivi che microrganismi utili; purtroppo l'interesse si concentra di solito solo su quelli nocivi, che però, come spesso accade, sono solo una minoranza. Ciò malgrado, le strategie di difesa dai patogeni tellurici sono state per lungo tempo condotte senza tener conto dell'effetto negativo sull'intera componente biotica, che pertanto è stata nel tempo profondamente depauperata nei suoli agrari, conducendo progressivamente a stati di degrado tali per cui alcuni suoli sono oggi pressoché sterili, tanto che si parla, in questi casi, di desertificazione. E' anche in seguito a ciò che la conduzione delle coltivazioni risulta sempre più difficile e sempre più bisognosa di pesanti interventi, che tuttavia non sono sufficienti a mantenere i livelli produttivi raggiunti in passato.

**NUTRIZIONE**

La nutrizione della pianta comincia dalla decomposizione della sostanza organica, che arriva al suolo sotto varie forme (foglie secche, lettiere ecc. ecc.) e deve essere decomposta per liberare gli elementi minerali in essa contenuti, come azoto, fosforo, potassio, microelementi. Questa decomposizione avviene grazie ad alcuni organismi che sminuzzano i detriti formandone piccoli frammenti, che vengono poi ulteriormente degradati enzimaticamente da altri microrganismi fino a rilasciare i singoli elementi. Le cellule microbiche stesse, quando muoiono, vanno a incrementare la sostanza organica.

Anche la biodisponibilità degli elementi minerali può dipendere dalle attività microbiche. Un esempio peculiare è quello del fosforo, che talvolta è presente nel

suolo in quantità rilevanti, ma in forme insolubili, quindi non utilizzabili da parte della pianta: ne sono esempio l'idrossiapatite, i fosfati di calcio, i fitati. Alcuni microrganismi, come i funghi micorrizici o alcuni batteri, solubilizzano queste sostanze, producendo enzimi specifici o acidi organici, e le traslocano verso la radice. Analoghi meccanismi migliorano l'assorbimento di potassio, calcio, ferro, zinco e altri microelementi. I funghi micorrizici in particolare, esplorando un volume di suolo molto più ampio rispetto alle radici delle piante e penetrando nei micropori più fini, inaccessibili anche ai peli radicali, estraggono dal suolo quantitativi notevoli di nutrienti e di acqua traslocandoli alle radici.

Ci sono batteri che aumentano la fertilità convertendo l'azoto atmosferico dalla forma gassosa a forme solubili: i

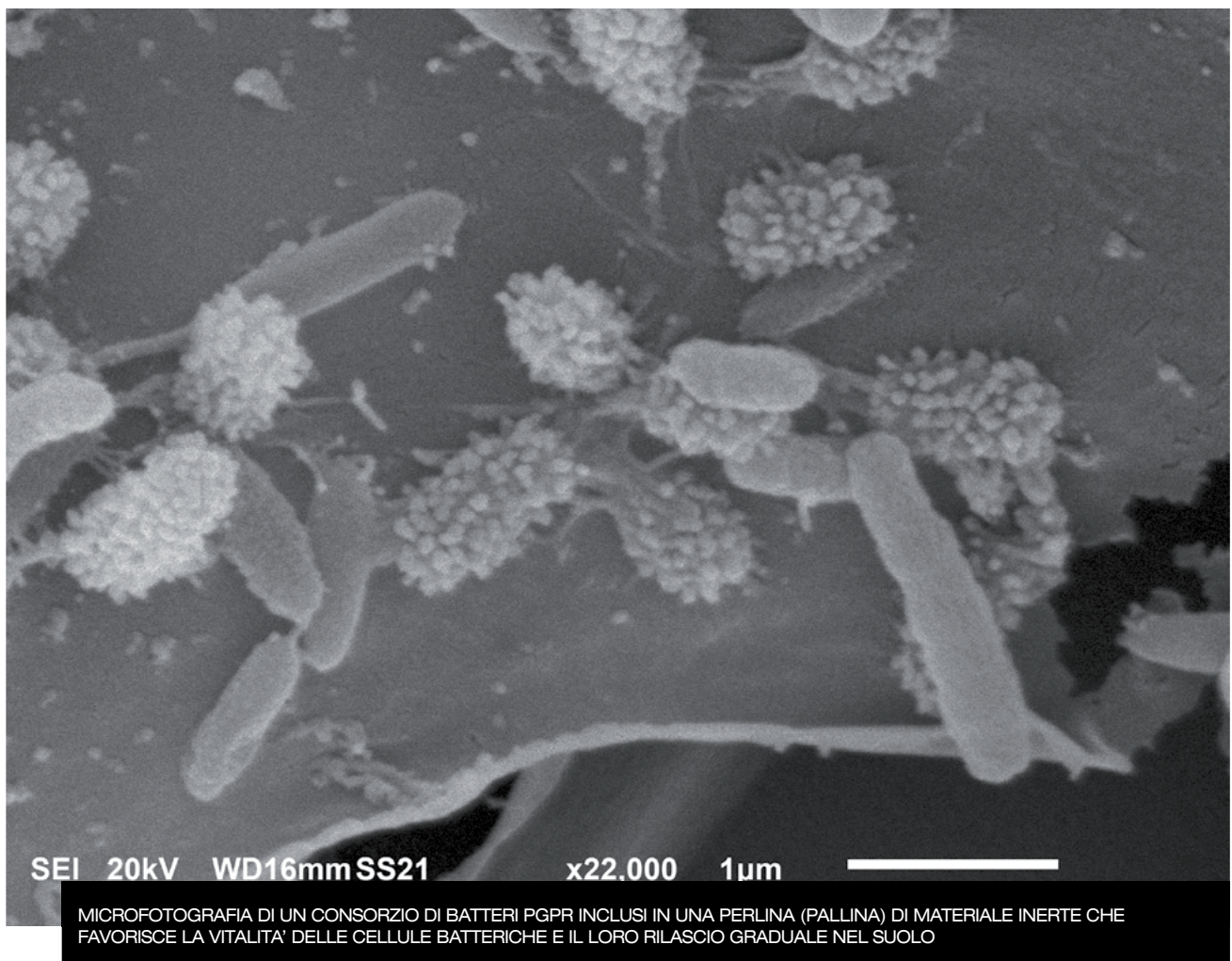
batteri azotofissatori. Se gli azotofissatori simbiotici delle leguminose sono ben noti, meno conosciuti sono i batteri azotofissatori liberi, attivi nel suolo sia in presenza che in assenza di piante. Se dall'attività degli azotofissatori simbiotici si possono fissare fino a 400 kg/ha all'anno di azoto, da quelli liberi se ne fissano quantità minori, ma sempre importanti: anche fino a 80 kg/ha/anno. Più recentemente si è scoperto che alcuni di questi batteri favoriscono la crescita delle piante anche attraverso altri meccanismi, ad esempio stimolando lo sviluppo radicale, inducendo quindi la formazione di un apparato radicale più articolato ed esteso, in grado quindi di assimilare più nutrienti ed acqua.

**FITOSTIMOLAZIONE**

In tempi relativamente recenti si sono scoperti molti altri meccanismi con cui i microrganismi modificano la fisiologia delle piante migliorandone la crescita, le rese e la qualità delle produzioni. Alcuni esempi sono:

” *La biomassa microbica in un terreno a pascolo in aree temperate può arrivare a 10 tonnellate per ettaro, di cui sette tonnellate solo di funghi e batteri.*

■ ■ ■



MICROFOTOGRAFIA DI UN CONSORZIO DI BATTERI PGPR INCLUSI IN UNA PERLINA (PALLINA) DI MATERIALE INERTE CHE FAVORISCE LA VITALITÀ DELLE CELLULE BATTERICHE E IL LORO RILASCIO GRADUALE NEL SUOLO



IFE DI FUNGO MICORRIZICO ALL'INTERNO DI TESSUTO RADICALE

- la produzione di ormoni: auxine, gibberelline, citochinine; molti di questi vengono prodotti a partire da aminoacidi, come ad esempio l'acido indolacetico dal triptofano;
- la produzione di altre sostanze che stimolano la crescita: acetoino, 2,3-butanoliolo, PQQ (pirrolchinolina chinone); alcune di queste sono volatili e diffondono nel suolo in fase gassosa, condizionando le piante con azione anche a distanza;
- riduzione della concentrazione di etilene nella pianta, da parte di batteri che producono ACC (aminociclopropano-carbossilato) deaminasi, un enzima che degrada un precursore dell'etilene riducendone la sintesi; diminuendo la concentrazione di etilene nel suolo diminuisce anche quella interna alla pianta, in quanto questo ormone gassoso diffonde dall'interno all'esterno della radice.

### DIFESA DA FATTORI DI STRESS ABIOTICI E BIOTICI

L'etilene è un fitormone gassoso associato prevalentemente ai processi di maturazione e di senescenza. La produzione di etilene aumenta nella pianta in risposta a numerosi fattori di stress, sia biotici che abiotici, come la presenza di composti tossici (idrocarburi poliaromatici, metalli pesanti, sale), la siccità, gli attacchi di fitopatogeni; ridurne la concentrazione significa rallentare i processi di senescenza e, pertanto, mantenere buoni livelli produttivi anche in condizioni difficili.

In caso di stress idrico si è osservato che l'effetto favorevole dei microrganismi si manifesta con un miglior mantenimento dello stato di idratazione e dell'attività fotosintetica, in condizioni nelle quali normalmente si avrebbe l'arresto della crescita ed il disseccamento. Anche la struttura fisica del suolo è migliorata dai microrganismi, che pertanto esercitano un effetto di protezione dall'erosione e

di miglioramento della ritenzione idrica: alcune molecole organiche, come alcuni polisaccaridi prodotti da batterici, o la glomalina, una glicoproteina di origine fungina, formano microaggregati stabili delle particelle di suolo. Anche lo sviluppo di "gomitoli" di filamenti di ife fungine contribuisce alla formazione ed al mantenimento della struttura dei microaggregati.

Di alcune sostanze inquinanti viene

■ produzione di siderofori, molecole che catturano il ferro e lo rendono indisponibile per altri microrganismi, che quindi non possono svilupparsi.

Alcuni microrganismi possono agire anche come insetticidi, nematocidi o erbicidi.

### QUALITÀ

Numerosi studi hanno dimostrato cor-

„ *I suoli soppressivi contengono microrganismi che proteggono la pianta dalle malattie, quelli conduttivi no.*

ridotta la tossicità attraverso vari altri meccanismi, come la biodegradazione, l'immobilizzazione, la riduzione enzimatica, l'efflusso, il sequestro o la volatilizzazione.

Per ciò che concerne la difesa, si è osservato che in alcuni suoli le piante manifestano una buona tolleranza agli agenti patogeni, mentre in altri suoli vengono più facilmente aggredite; i primi vengono definiti suoli soppressivi, i secondi suoli conduttivi.

I meccanismi attraverso i quali ciò avviene sono in parte noti, in parte non ancora. Alcuni esempi sono:

- antagonismo: batteri che producono antibiotici vicino alla radice;



TIPICHE FORMAZIONI ARBUSCOLARI DI FUNGHI MICORRIZICI ALL'INTERNO DELLE CELLULE RADICALI (FOTO E. MALUSÀ E E. DERKOWSKA)

- resistenza sistemica indotta: un meccanismo che somiglia molto a quello dell'induzione della risposta immunitaria negli animali;
- competizione: batteri molto forti nel competere con altri per i nutrienti e per la colonizzazione di nicchie ecologiche; questi batteri colonizzano la superficie della radice (in particolare le zone più sensibili) impedendo l'accesso ad altri microrganismi, fra cui quelli patogeni;
- predazione e parassitismo;

relazioni fra microrganismi del suolo e qualità delle produzioni. Per fare qualche esempio, l'aggiunta al suolo di inoculi di microrganismi selezionati può incrementare il contenuto in antociani e flavonoidi nella vite, di oli essenziali in piante aromatiche, di zuccheri in molti frutti, e più in generale si osserva un miglioramento delle caratteristiche organolettiche (profumo, colore, consistenza) e della conservabilità dei prodotti.

### CONCLUSIONI

Tutto quanto detto deve essere tenuto in considerazione per comprendere l'importanza della salvaguardia della fertilità biologica dei suoli. L'attenzione per la quota "viva" del suolo è arrivata solo recentemente, ma oggi fortunatamente si presta più attenzione e si adottano pratiche agronomiche più rispettose degli equilibri ecologici sistemici. Esistono inoltre prodotti biofertilizzanti creati per ripopolare i suoli ormai sterili e, in generale, per arricchire i suoli in biodiversità e microrganismi utili. È molto importante prestare attenzione ad adottare le giuste pratiche: un uso attento e non eccessivo di fertilizzanti minerali (l'azoto in eccesso, ad esempio, inibisce i funghi micorrizici) e di pesticidi; l'applicazione sempre, dove possibile, della lavorazione minima (le lavorazioni del suolo alterano le micronicchie ecologiche in cui si instaurano gli equilibri fra popolazioni microbiche); la scelta oculata delle tecniche di pacchiamatura e di fumigazione; l'inerbicimento; le rotazioni e le consociazioni.

\* C.R.E.A. Consiglio per la Ricerca e l'analisi dell'economia agraria