

**Jeff Lowenfels**

# **BATTERI IN CAMPO**

**LA NUOVA RIVOLUZIONE  
DELL'AGRICOLTURA BIO**



**COME AUMENTARE LA PRODUTTIVITÀ  
E LA SALUTE DELLE PIANTE GRAZIE AI BATTERI**

**TerraNuova**



**Jeff Lowenfels**

# **BATTERI IN CAMPO**

**LA NUOVA RIVOLUZIONE DELL'AGRICOLTURA BIO**

**Traduzione di Simone Siviero**

**TerraNuova**

Direzione editoriale: Mimmo Tringale e Nicholas Bawtree  
Curatrice editoriale: Enrica Capussotti

Autore: Jeff Lowenfels

Titolo originale: *TEAMING WITH BACTERIA: The Organic Gardener's Guide to Endophytic Bacteria and the Rhizophagy Cycle*

Copyright © 2022 by Jeff Lowenfels. All rights reserved.

This edition published by arrangement with Timber Press, an imprint of Workman Publishing Co., Inc., a subsidiary of Hachette Book Group, Inc., New York, New York, USA. All rights reserved.

Traduzione: Simone Siviero

Copertina: Loris Reginato

Impaginazione: Daniela Annetta

© 2024 Editrice Aam Terra Nuova, via Ponte di Mezzo 1  
50127 Firenze - tel 055 3215729 - libri@terranuova.it - www.terranuova.it

1° edizione: febbraio 2024

Ristampa:

IV III II I 2028 2027 2026 2025 2024

Collana: Coltivare secondo natura

Tutti i diritti sono riservati. Nessuna parte del libro può essere riprodotta o diffusa con un mezzo qualsiasi, fotocopie, microfilm o altro, senza il permesso dell'editore. Le informazioni contenute in questo libro hanno solo scopo informativo, pertanto l'editore non è responsabile dell'uso improprio e di eventuali danni morali o materiali che possano derivare dal loro utilizzo.

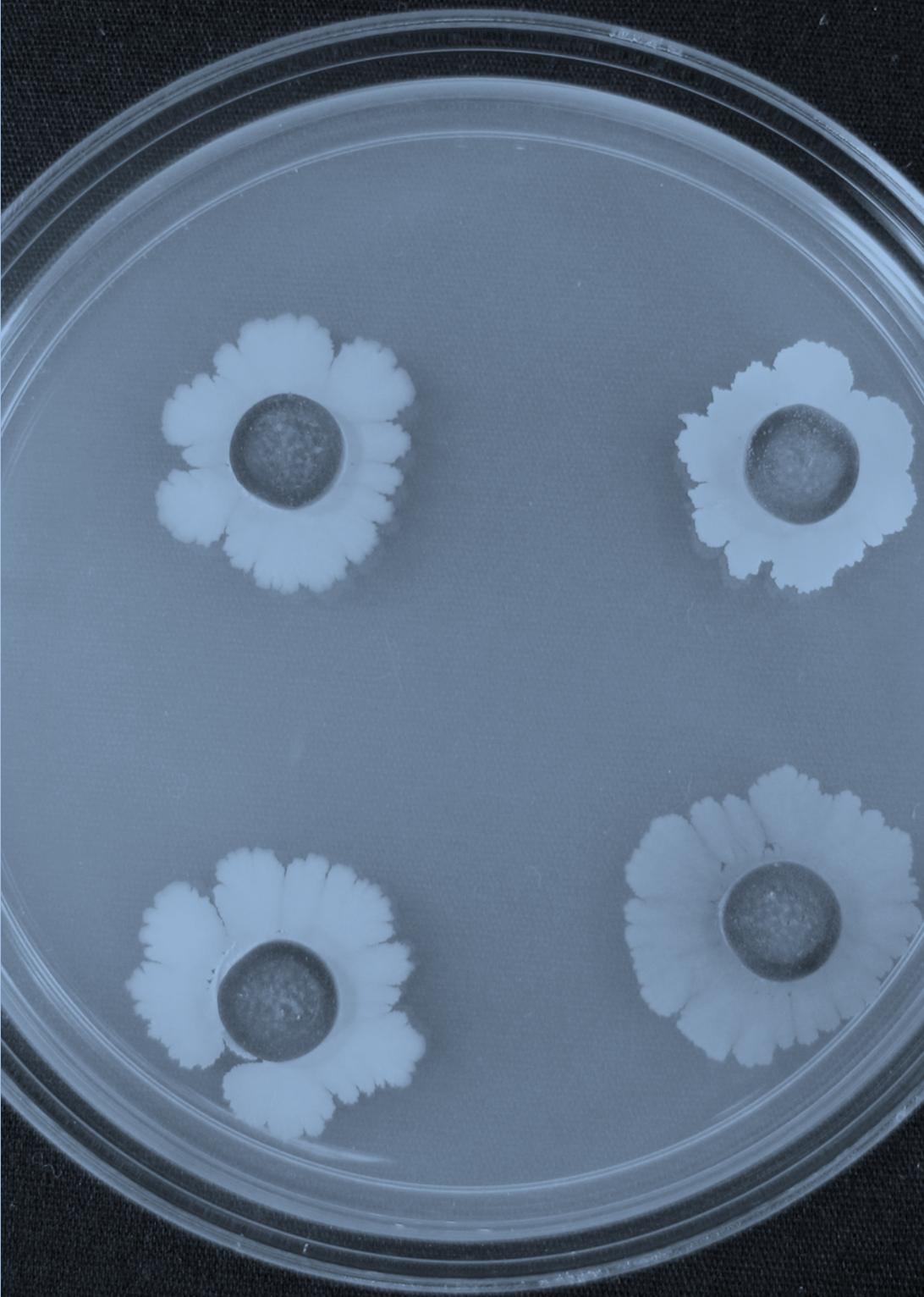
Per Jude

“Li sento nei miei rami, li sento nelle radici;  
gli endofiti sono dentro di me, dai fiori alle radici”

*Dall'incontro di canto di Andy MacKinnon sugli endofiti alla  
riunione della Washington Native Plant Society*

# Indice

<b>Introduzione</b>	<b>6</b>
<b>Prefazione</b>	<b>9</b>
<b>1. Botanica per chi studia gli endofiti</b>	<b>17</b>
<b>2. Biochimica per chi studia gli endofiti</b>	<b>33</b>
<b>3. Rassegna batterica</b>	<b>53</b>
<b>4. I batteri endofitici</b>	<b>93</b>
<b>5. Il ciclo della rizofagia</b>	<b>113</b>
<b>6. I batteri endofitici in agricoltura</b>	<b>147</b>
<b>7. Il futuro degli endofiti</b>	<b>185</b>
<b>Risorse</b>	<b>197</b>



# Introduzione

Le piante si sono evolute in presenza di batteri e altri microbi e su di essi hanno potuto fare affidamento nel loro percorso evolutivo per assicurarsi nutrienti e controllare il proprio sviluppo. La rizofagia trasporta nutrienti all'interno delle piante, ma questa non è l'unica funzione espletata dai microbi coinvolti nel processo. Le piante utilizzano i microbi intracellulari anche per il proprio sviluppo e per i processi di crescita. Il succo della questione è questo: senza microbi (prevalentemente batteri), le piante hanno accesso a una quantità minore di nutrienti e non sono in grado di svilupparsi adeguatamente. E questi sono fatti.

Non si tratta solo della rizofagia (un ciclo che possiamo affermare con certezza, sulla base di numerosi esperimenti, che apporta nutrienti), ma anche dello sviluppo della pianta (anche in questo caso gli studi sono molti) e di altri effetti che ancora non conosciamo: ad esempio tutti gli effetti intracellulari che i microbi hanno sulle piante e sulla loro espressione genica.

Le piante in salute si alleano realmente con i batteri. Può sembrare un'idea sconcertante, ma i batteri sono distribuiti in tutta la pianta: germogli, foglie e frutti. Laddove le piante non li ossidano, questi batteri endofitici entrano persino all'interno dei nuclei cellulari. In alcuni casi sono stati osservati anche all'interno dei cloroplasti, dove probabilmente cercavano rifugio dalla degradazione che avveniva nel citoplasma.

Ho visitato Cali, in Colombia, assieme a un giovane e creativo scienziato, David Johnston-Monje, che ha scritto un articolo sugli endofiti nel mais. Seduti al tavolo di una birreria abbiamo discusso di alcune recenti osservazioni di microbi che emergevano dai tricomi ghiandolari sulle foglie e i fusti dei pomodori. Abbiamo ipotizzato

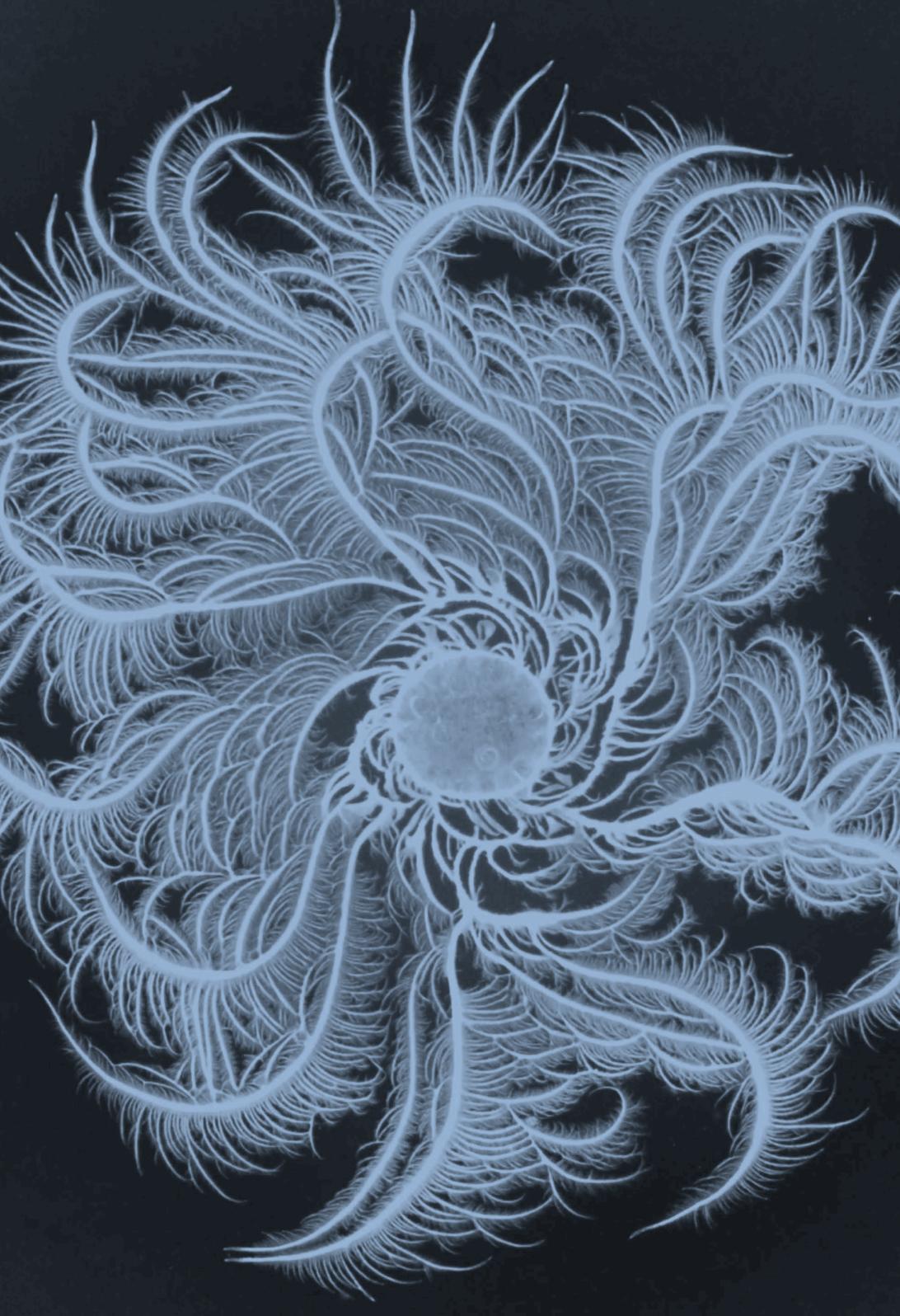
che tutti i peli vegetali possano svilupparsi in seguito a una stimolazione batterica a livello intracellulare e che la funzione di questa fuoriuscita di microbi dai tricomi sulla superficie delle foglie servisse per dar vita alla comunità microbica della lamina, il cui scopo è di difendere la foglia.

Sappiamo che la *Cannabis* sviluppa svariati tricomi ghiandolari sui fiori e sui frutti. I microbi giocano forse un ruolo chiave nello sviluppo di queste strutture cariche di cannabinoidi? Influenzano forse il loro contenuto? Non lo sappiamo.

Ritengo che questo sia un libro importante, in grado di far intravedere un futuro in cui la maggior parte delle conoscenze che abbiamo sul mondo vegetale subirà un cambiamento radicale. Il microbioma delle piante giocherà un ruolo assai più importante nella nostra comprensione della botanica.

Alcuni dei giovani lettori di questo libro potrebbero essere coinvolti nella scoperta di come agisce il microbioma dei vegetali. E spero sinceramente che sia così.

James Francis White  
Rutgers University  
marzo 2021



# Prefazione

Scrivere un libro è difficile; di sicuro non è un compito da prendere sottogamba. Per farlo come si deve bisognerebbe calarsi nella tana di un coniglio e rimanerci fino alla fine della scrittura. Ci si sente soli là sotto, pertanto deve davvero valerle la pena. E, ora che il compito è terminato e sono uscito dalla tana, posso affermarlo: la rizofagia vale lo sforzo eccome!

Ho scoperto questa parola nel 2010, quando il mio amico Ross mi mandò un messaggio con una sola parola: “Rizofagia!”. All’inizio pensai mi stesse prendendo in giro, ma ero in grado di discernere le radici greche del termine: *rhiza*, “radice”; *phago*, “mangiare”. Grazie ad esse potevo arguire che significasse “mangiare radici”. Non avevo altre informazioni in merito. Alla fine scoprii invece che la rizofagia è il processo che consente alle cellule radicali di fagocitare microbi al fine di usarli come nutrienti. Archiviai l’informazione senza badarci troppo.

Passarono dieci anni. Mentre leggevo dei batteri endofitici (i batteri che vivono all’interno delle piante per parte del proprio ciclo senza danneggiarle) mi imbattei in alcuni studi sulla rizofagia di Francis White, un professore della Rutgers University. La sua squadra di ricerca convalidava e approfondiva studi precedenti condotti da Chanyarat Paungfoo-Lonhienne e dai suoi colleghi della University of Queensland, in Australia. Questi ricercatori meritano attenzione. Da parte mia, un Nobel per tutti.

I batteri endofitici si trovano all’interno di ogni singola pianta. Normalmente aiutano la pianta collaborando all’acquisizione di nutrienti, aumentandone la tolleranza agli stress e controllando i patogeni. E tuttavia poco è stato scritto su questa materia per quanto concerne il mondo agricolo. Come se non bastasse, pare che ci sia in gioco un nuovo ciclo che connette piante e nutrienti microbici.

I batteri si spostano dal suolo verso le giovani cellule presenti alle estremità delle radici. Compiendo questo spostamento stimolano le piante a produrre dei composti chimici in grado di dissolvere le pareti cellulari dei batteri. Straordinariamente questi batteri privati della parete cellulare rimangono vitali e persino si moltiplicano mentre circolano attorno all'orlo delle cellule radicali, e i composti chimici della loro parete, disciolti, diventano nutrienti per la pianta.

Cercando di neutralizzare i composti chimici che ne dissolvono la parete, i batteri intracellulari producono monossido di azoto, che si converte in nitrati che a loro volta vengono, anch'essi, assorbiti dalle cellule radicali (altri nutrienti!). Inoltre, per tutto il tempo i batteri rilasciano etilene nelle cellule vegetali favorendone l'allungamento.

Quando il numero di batteri senza parete che si accumulano nella cellula è consistente, l'etilene da loro prodotto fa sì che si formi un pelo radicale, attraverso la cui estremità vengono nuovamente espulsi nel suolo, dove ricostituiscono la propria parete cellulare, crescono e ripetono il ciclo.

### Ultime notizie

Un momento. Cosa? Quali piante? Tutte le piante posseggono peli radicali. I peli radicali si formano grazie ai batteri intracellulari? E questi batteri forniscono grandi quantità dei nutrienti necessari alle piante? Oltre ai nutrienti presenti nel suolo? Qui c'è materiale per un altro libro!

Ho pensato a lungo se valesse la pena di infilarsi di nuovo nella tana del coniglio-scrittore. Quando ne ero emerso la prima volta avevo un manoscritto che si intitolava *Teaming with microbes: the organic gardeners's guide to the soil food web* (Timber Press, 2006). Era un viaggio che avevo intrapreso perché ero tanto preso dalla materia quanto lo sono ora dai batteri endofitici e dal ciclo della rizofagia. Sapevo che orticoltori e giardinieri avrebbero tratto vantaggio dalla

conoscenza della rete trofica del suolo: un ciclo svelato per la prima volta da Elaine Ingham ma non ancora accettato da tutti. Pensai che se ci fosse stato un libro in grado di fornire un'introduzione alla materia altre persone avrebbero potuto appassionarsi al lavoro della dottoressa Ingham; orticoltori e giardinieri avrebbero cominciato a parlare di microbi, suolo e piante.

*Teaming with microbes* (bisogna leggerlo) tratta della rete trofica del suolo allo stato attuale delle nostre conoscenze. Si fonda su una premessa: le piante controllano le popolazioni microbiche del suolo e sono in grado di attrarle verso le radici. I microbi a loro volta producono nutrienti in forma organica accessibile dalle piante.

La seconda volta sono sceso nella tana del coniglio per spiegare come le piante usassero tali nutrienti. *Teaming with nutrients* (Timber Press, 2013) tratta di come le piante assorbano i nutrienti resi disponibili dalla rete trofica del suolo e di cosa accada loro una volta all'interno delle piante.

Non avevo intenzione di tornare nella tana del coniglio un'altra volta, ma i funghi (soprattutto quelli endofitici) costituiscono un'ampia parte della storia di come i microbi rendano i nutrienti disponibili nel suolo. *Teaming with fungi* (Timber Press, 2017) ne è il risultato. Con questa bella trilogia ero a posto!

Eh, ma chi sapeva, all'epoca, che i batteri endofitici favorivano la crescita delle piante? E chi conosceva il ciclo della rizofagia? Divenne pertanto necessario un quarto viaggio nella tana del coniglio per produrre questo libro sui benefici dei batteri endofitici, con tanto di introduzione al fantastico ciclo della rizofagia. L'attività di questi batteri così speciali getta nuova luce sulla comprensione che abbiamo della rete trofica del suolo in cui i microbi nutrono le piante. È presto per dire che la nostra conoscenza in materia è esaustiva. Ma alcuni di questi batteri sono già sul mercato. Gli agricoltori professionisti li utilizzano. E orticoltori e giardinieri dovrebbero cominciare a farlo.

## I batteri dentro le piante

Dove si sono nascosti i batteri endofitici per tutti questi anni? Ricordo di aver studiato che Louis Pasteur non riuscì a far fermentare il succo d'uva estratto con una pipetta sterile. Ciò lo spinse ad affermare, erroneamente, che l'interno dell'acino d'uva era sterile e che, dunque, era sterile ogni parte interna della pianta. Davvero? Nessuno ha mai pensato di domandargli: "Luigino, e come fa la frutta a marcire?". In ogni caso, al giorno d'oggi abbiamo le fotografie, e le fotografie non mentono. I batteri intracellulari sono presenti in ogni parte della pianta.

E dunque come mai gli orticoltori non hanno ancora realizzato che le loro piante sono piene di batteri benefici? Ecco, i batteri sono davvero molto piccoli, così piccoli che faticiamo persino a immaginarceli. La punta del più sottile degli aghi ne può trasportare a migliaia, allineati come i mattoni di un muro. Mai visto una pulce? Nemmeno io, ma una singola pulce è coperta da innumerevoli batteri; la pulce è enorme in confronto a loro.

Dal momento che nessuno era davvero impegnato a cercarli all'interno delle cellule vegetali, sono passati perlopiù inosservati. Beh, c'è da dire che anche il tipo di microscopio che si usa fa una certa differenza, tuttavia, la prima volta che vennero avvistati furono classificati come corpuscoli e vescicole appartenenti all'apparato del Golgi. Le foto di cui parlavo sono come alcuni degli scatti del dottor White: peli ricoperti di ciò che ora sappiamo essere batteri. Furono scattate negli anni '90, ma chi le scattò semplicemente non sapeva che cosa stava osservando.

I ricercatori che studiano i batteri endofitici hanno sviluppato tecniche speciali per provarne la presenza all'interno delle cellule vegetali: microscopi e telecamere speciali, coloranti per marcare i batteri e i loro metaboliti... Hanno persino trovato il modo di rintracciare composti di difesa prodotti dalle piante quando sono presenti i batteri. Era, ed è, tutto molto complicato, ma che scoperte! Le

piante non solo allevano i batteri nel suolo, ma li radunano anche all'interno delle proprie cellule privandoli della parete cellulare prima di restituirli al suolo.

### **Una rete trofica del suolo in espansione**

Potrebbe non essere una materia molto conosciuta al giorno d'oggi, ma il ciclo della rizofagia è un altro modo attraverso cui le piante si procurano i nutrienti di cui necessitano, un modo assai diverso dai pasti imbanditi dal suolo. Qui i batteri nutrono la pianta dall'interno delle cellule radicali. Entrano nella pianta, la nutrono e poi tornano nel suolo. Si tratta di un'aggiunta importante al modello della rete trofica del suolo.

Il termine rizofagia risale al XVIII secolo, quando gli scienziati erano convinti che le radici delle piante mangiassero il suolo per assumere i nutrienti. Questo è il motivo per cui Jethro Tull, un avvocato e agricoltore inglese, persuase gli agricoltori ad adottare i motocoltivatori, che ora sappiamo non fanno che danneggiare la rete trofica del suolo. Questa cosiddetta "teoria dell'humus" fu abbandonata quando il chimico tedesco Justus von Liebig inventò i "concimi artificiali", precursori dei moderni fertilizzanti. I sostenitori della teoria dell'humus avrebbero potuto considerare il ciclo della rizofagia come una prova del fatto che, dopotutto, avevano ragione. Tuttavia avrebbero dovuto attendere fino al 2008, anno in cui il ciclo venne presentato per la prima volta. In quegli anni fu assai difficile convincere i coltivatori del fatto che i microbi avessero un ruolo effettivo nella nutrizione vegetale. Spero che ormai sia più facile accettare il fatto che le radici delle piante a tutti gli effetti mangiano i microbi.

### **Restate sintonizzati**

Questo non è che l'antefatto della storia, pertanto niente spoiler. Tuttavia, diversamente da quanto ciascuno ha appreso alle superiori, i peli radicali non svolgono solo la funzione di assorbimento. Ap-

pare chiaro che ogni pianta che produce i peli radicali è coinvolta nel ciclo della rizofagia.

C'è molto da imparare sugli endofiti in generale e sul ciclo della rizofagia nello specifico. Sia chiaro, la storia che sto per raccontare non è mia, ma di una manciata di scienziati assai in gamba (ed emozionati almeno quanto me) che semplicemente non hanno avuto il tempo (o forse il permesso del coniuge, cosa di cui sono assai grato) di scendere nella tana del coniglio per trascriverla per il grande pubblico. Un numero crescente di squadre di ricercatori in giro per il mondo continua a fare scoperte sensazionali che renderanno ben presto obsolete alcune parti di questo libro. E tuttavia ora abbiamo un modello con cui iniziare a comprendere un'ulteriore e importante via attraverso cui le piante si procurano i nutrienti. Ed è esattamente ciò di cui abbiamo bisogno se vogliamo essere in grado di nutrire una popolazione mondiale in così rapido accrescimento e di affrontare il cambiamento climatico e la perdita di suolo.

Dico a voi orticoltori, agricoltori e coltivatori di vario genere: dobbiamo assicurarci che le pratiche di coltivazione prendano in considerazione i batteri endofitici! Essi potrebbero consentire alle piante di crescere meglio in maniera del tutto naturale. Dobbiamo correggere le pratiche agronomiche (e svilupparne di nuove) per far sì che il ciclo della rizofagia (e tutta la rete trofica del suolo) possa svolgersi nel modo più efficiente e che i batteri endofitici giusti possano svolgere il proprio lavoro senza interferenze.

### **Precisazioni**

Prima di iniziare sono necessarie alcune precisazioni. È bene imparare un po' di scienza per comprendere gli endofiti e come lavorare con essi. Nelle pagine che seguono, ho provato a limitare le informazioni scientifiche (botaniche, biologiche, biochimiche) a ciò che è assolutamente necessario sapere per cominciare a comprendere i batteri endofitici e il ciclo della rizofagia. Tendo a ripetere spesso

(forse anche troppo) i concetti fondamentali, così che si possano diffondere nel lettore come l'azoto in una pianta. In ogni caso alla fine non c'è alcuna verifica, potete stare tranquilli.

Non è necessario memorizzare alcunché leggendo questo libro. E ciò vale, in particolare, per i nomi scientifici dei batteri (phyla, generi, specie e ceppi). All'inizio si potrebbe dare un pochino di matto (almeno, io l'ho fatto), ma garantisco che non è nemmeno necessario pronunciarli, men che meno memorizzarli. Quelli più importanti verranno ripetuti così spesso che diventeranno familiari a prima vista, cosa che per il momento può bastare.

In terzo luogo, io amo l'orticoltura e la scienza, ma mi piace anche scherzarci su. Chiedo scusa in anticipo per i miei tentativi di fare un po' di umorismo. (Di solito lo faccio tra parentesi, così si può glissare). Nel libro pongo anche molte domande e a volte rifletto sulle risposte: ritengo che la riflessione stimoli il pensiero. Spero che siano cose ovvie.

Infine, esprimo qualche pensiero sul futuro del giardinaggio, dell'orticoltura e dell'agricoltura con gli endofiti (un'avvertenza: sono abbastanza supponente, i miei amici e familiari possono confermarlo!). Possono sembrare solo congetture, ma ne ho tenuto traccia. La rete trofica del suolo e i funghi micorrizici sono ormai sulla bocca di tutti. Sono sicuro che presto lo saranno anche gli endofiti e il ciclo della rizofagia.

**Rivolto ad agricoltori, giardinieri e coltivatori, per aiutarli a capire come utilizzare al meglio i batteri “alleati” sia nelle sfide del lavoro quotidiano, sia per affrontare efficacemente i cambiamenti climatici, la perdita di suolo e l’alimentazione di una popolazione in rapida crescita.**

Questo libro prende le mosse da quegli studi scientifici che hanno dimostrato come la maggior parte delle piante ottenga una parte significativa dei propri nutrienti attirando *batteri endofiti*, ovvero quei batteri che vivono all’interno delle loro stesse cellule.

Attraverso un processo complesso chiamato *ciclo della rizofagia*, le cellule vegetali raccolgono l’azoto e altri nutrienti nella parete cellulare di un batterio e ne espellono i protoplasti nel terreno, dove poi ricostruiscono le loro pareti cellulari, ricominciano a nutrirsi e ripetono il ciclo.

Interessante, direte, ma perché è così importante? Perché senza batteri endofiti le piante ricevono meno nutrienti e non possono svilupparsi correttamente.

*Batteri in campo* non si limita a spiegare il ciclo della rizofagia, ma mostra come sfruttare questo straordinario processo per aumentare la produttività dei raccolti e per controllare gli agenti patogeni, senza utilizzare agenti chimici e metodi inquinanti.



### **JEFF LOWENFELS**

è autore di una trilogia di libri pluripremiati sul rapporto virtuoso tra piante e terreno. È giornalista, formatore, divulgatore ed ex presidente della *Garden Writers of America*, ora *GardenComm.org*.

ISBN 9788866818830



€ 18,00

- carta ecologica
- stampa in Italia
- inchiostri naturali
- rilegatura di qualità
- circuito solidale

Scopri di più su:  
[www.terranuovalibri.it](http://www.terranuovalibri.it)