

Inoculi microbici per migliorare la fertilità biologica del suolo

ELIGIO MALUSÁ - LIDIA SAS - MAŁGORZATA TARTANUS

Research Institute of Horticulture – Skierniewic (Polonia)

L'uso di fertilizzanti a base microbica (di seguito denominati bio-fertilizzanti, da non confondere con biostimolanti o fertilizzanti organici) è iniziato alla fine del diciannovesimo secolo, quando si iniziò a brevettare e commercializzare batteri azotofissatori (N-fissatori). Da allora, e in particolare negli ultimi due decenni, lo sviluppo e l'uso di bio-fertilizzanti ha acquisito importanza nello sforzo di ridurre gli effetti ambientali negativi generati dall'applicazione eccessiva e/o impropria di fertilizzanti chimici, anche nelle colture orto-frutticole. Tuttavia, nonostante la quantità di studi e l'identificazione di numerosi ceppi microbici utili, l'applicazione di bio-fertilizzanti nella pratica agricola è ancora ostacolata da diversi fattori. Le ragioni principali derivano dalla limitata comprensione delle complesse interrelazioni che intercorrono tra microrganismi, piante e l'ambiente suolo.

Microrganismi del suolo, nuovi alleati nella concimazione

Diversi gruppi di microrganismi del suolo (funghi endofitici radicali, funghi micorrizici, batteri della rizosfera, rizobi e specie solubilizzanti del fosforo) esercitano effetti positivi sulla crescita delle piante attraverso meccanismi diretti o mediati dalle piante stesse. Il loro contributo alla nutrizione delle piante può essere limitato ad un singolo elemento nutritivo, come nel caso dei batteri N-fissatori, o alla varietà di elementi, come accade con i funghi micorrizici, che sono generalmente utili per l'assorbimento del fosforo (P), ma migliorano anche la disponibilità e l'assorbimento dell'azoto (N) e dei microelementi.

Questi microrganismi possono avere un impatto notevole sulla resa e sulla qualità delle produzioni grazie all'aumento da parte delle piante della



▲ Fig. 1 Confronto tra l'apparato radicale di astoni di melo fertilizzati con concimi minerali (2) e con biofertilizzanti e concime organico (8).

capacità di assorbimento dei nutrienti e di efficienza d'uso dei fertilizzanti chimici od organici applicati. Infatti, benché la dotazione di elementi nutritivi dei suoli agrari sia spesso sufficiente per permetterne il miglior utilizzo da parte dei microrganismi formulati nei bio-fertilizzanti, è dimostrato che questi sono maggiormente efficienti quando vengono comunque associati ad un uso di fertilizzanti, meglio se di matrice organica, che però deve essere ridotto del 30-50% rispetto alla normale dose (Adesemoye *et al.* 2009; Malusá *et al.* 2016). Infatti, la fertilizzazione è sicuramente la pratica agronomica che influenza maggiormente l'efficacia dei bio-fertilizzanti.

L'applicazione di grandi quantità di fertilizzanti minerali ha effetti profondi sui microrganismi del suolo e influisce quindi anche su quelli inoculati. È stato dimostrato (Marschner *et al.* 2003) che l'applicazione a lungo termine dell'azoto minerale riduce l'attività microbica del suolo, con effetti sia quantitativi che qualitativi sulle comunità batteriche e di funghi micorrizici, con riduzione di biodiversità (Wang *et al.*



▲ Fig. 2 Piante di fragola cv. Elkat inoculate con un consorzio di batteri rizosferici (al centro) o non inoculate (ai lati).

2017) ed avendo un impatto negativo anche sulla colonizzazione naturale delle radici. La struttura del microbioma del suolo (cioè del complesso microbico) è generalmente influenzata dalle pratiche di gestione agricola, con effetti evidenti nel confronto tra i sistemi intensivi e quelli più rispettosi dell'ambiente: maggiore è l'intensità del metodo di gestione (ad esempio elevata fertilizzazione inorganica, nessuna rotazione, lavorazione profonda) e minore è la biodiversità e la numerosità dei microrganismi del suolo. Pratiche agronomiche quali la lavorazione del terreno, la protezione delle colture o il regime idrico possono modificare l'efficacia dell'inoculazione con biofertilizzanti. Anche le caratteristiche fisico-chimiche della torba utilizzata nella preparazione di substrati può influenzare la colonizzazione delle radici da parte di funghi micorrizici.

Occorre inoltre tenere presente che una volta introdotti nel terreno, i microrganismi dei bio-fertilizzanti devono affrontare condizioni competitive con la microflora autoctona che possono ridurre in maniera importante i loro effetti benefici. Il livello di efficacia può differire a seconda delle diverse condizioni agro-ambientali e ciò ha portato talvolta a contestare il concetto stesso dell'uso dei bio-fertilizzanti.

Interazione pianta-suolo-microrganismi

Considerando la complessità biologica del sistema suolo, è quindi necessario andare oltre la visione semplificata delle singole interazioni pianta-microrganismo o suolo-pianta e considerare i fattori chiave che influenzano questo complesso ecosistema. Questa visione considera la pianta, il suolo e gli organismi del suolo come un unico "meta-organismo" in grado di mediare e influenzare i vari processi che contribuiscono alla salute e alla produttività delle piante. Il concetto viene mutuato dagli studi del microbiota umano, in cui è stato provato da varie ricerche epidemiologiche (Ma et al. 2019) che disfunzioni nelle popolazioni microbiche intestinali possono aumentare i casi di cancro o altre malattie in organi del corpo quali seno o cervello, cioè non direttamente connessi all'intestino.

Pertanto, è necessario promuovere le funzioni biologiche del suolo e la sua biodiversità integrando le pratiche di gestione con formulazioni di bio-fertilizzanti di nuova concezione,

TAB. 1 EFFETTO DELLA FERTILIZZAZIONE CON UN FORMULATO MICROBICO COSTITUITO DA UN CONSORZIO DI FUNGHI MICORRIZICI E BATTERI DELLA RIZOSFERA A CONFRONTO CON UNA CONCIMAZIONE NPK E NON FERTILIZZATO (CONTROLLO) SULL'ACCRESIMENTO DI PORTINNESTI DEL MELO E DEL CILIEGIO ACIDO.

I	Accrescimento al colletto (mm)		Lunghezza dell'astone (cm)	
	M26	P. mahaleb	M26	P. mahaleb
Controllo	3,0 a	4,5 a	68,6 a	83,6 a
Concime minerale	4,1 ab	5,6 b	76,4 b	93,5 b
Consorzio di microrganismi	4,9 b	6,4 b	78,7 b	100,7 c
II	Diametro al colletto (mm)		Lunghezza dell'astone (cm)	
	Ariwa	Topaz	Ariwa	Topaz
Controllo	13,3±0,3 a	12,1±0,2 a	145±2 a	110±3 a
Concime minerale	14,1±0,5 b	14,6±0,5 b	160±5 b	125±5 b
Consorzio di microrganismi	13,8±0,5 b	14,1±0,6 b	172±7 c	118±5 b

I: media di tre vivai e due stagioni e di due varietà di melo innestate su M26; II: media ± DS.

possibilmente basati su un consorzio di microrganismi diversi (ad esempio funghi micorrizici e batteri), avendo come obiettivo il miglioramento della resilienza delle colture nei confronti di stress abiotici e biotici. Infatti, e questo è spesso un fattore non considerato da ricercatori e tecnici, l'efficacia dei bio-fertilizzanti dipende anche dalla loro formulazione e dal metodo di applicazione. Occorre pertanto capire che è necessario adattare le pratiche colturali quando si intende introdurre l'uso di bio-fertilizzanti nella gestione di un frutteto o di un impianto di fragole in modo da promuovere le condizioni ottimali per la coesistenza tra pianta e microrganismi inoculati che permettono il miglior sfruttamento delle caratteristiche biologiche del bio-fertilizzante.

Bio-fertilizzanti in vivaio

Nel caso delle colture arboree, una tecnologia possibile per l'utilizzo di bio-fertilizzanti è quella dell'applicazione sin dal vivaio. Portinnesti sia di melo che di ciliegio trattati con un prodotto costituito da un consorzio di funghi micorrizici (del genere *Glomus*) e batteri della rizosfera (del genere *Bacillus* e *Pseudomonas*) sono risultati produrre piante di migliore qualità rispetto a quelle ricevute la dose standard di fertilizzante minerale, in modo significativo e consistente per entrambi i tipi di portinnesti in diversi terreni e condizioni climatiche (Tab. 1).

La maggior crescita delle piante inoculate può essere quindi sfruttata per la formazione di piante innestate di elevata qualità commerciale. Ta-

la situazione è stata confermata sulle piante delle cultivar Topaz e Ariwa innestate sui portinnesti trattati: le piante inoculate con il consorzio microbico hanno prodotto un maggior numero di branche laterali, aventi una lunghezza media maggiore rispetto al controllo e con un livello qualitativo generale paragonabile alle piante fertilizzate con il concime minerale (Tab. 1; Fig. 1).

L'applicazione di biofertilizzanti in vivaio può essere considerata anche nella prospettiva di una produzione di piante per la frutticoltura biologica. Infatti, con l'entrata in vigore del nuovo Reg. Ue sull'agricoltura biologica (2018/848), sarà obbligatorio effettuare l'impianto con materiale ottenuto secondo i metodi biologici, che prevedono la possibilità di utilizzare bio-fertilizzanti.

Appare interessante capire quale possa essere l'effetto di una bio-fertilizzazione in vivaio sul potenziale di crescita e produzione del frutteto e anche sul livello di biodiversità del suolo. Prove su meli inoculati con formulati costituiti da un fungo micorrizico o da un ceppo batterico solubilizzante del P o dalla miscela dei due prodotti sono state condotte trattando le piante in vivaio. Le piante sono state poi trattate nuovamente all'impianto e, nel caso del formulato batterico, anche nella stagione successiva. Anche in questo caso, la maggior crescita in vivaio è stata riscontrata nelle piante inoculate con la miscela di microrganismi. Tuttavia, tale vantaggio non è sempre stato mantenuto anche dopo l'impianto. In alcuni casi le piante inoculate con un solo formulato sono cresciute maggior-

mente. Tuttavia, in tutti i casi le radici sono risultate avere un maggior grado di colonizzazione da parte di funghi micorrizici rispetto alle piante non trattate con bio-fertilizzanti. Benché questo sia prevedibile nel caso del prodotto a base di tali funghi, questo non era scontato nel caso del formulato batterico. È quindi ipotizzabile che i batteri abbiano favorito la colonizzazione radicale da parte di funghi micorrizici naturalmente presenti nel suolo, quindi con un positivo effetto sulla fertilità biologica. Tale sinergia tra funghi e batteri rizosferici è frequentemente osservata anche in condizioni naturali. Inoltre, le piante trattate con entrambe i formulati hanno sopportato meglio condizioni di siccità.

I bio-fertilizzanti per migliorare la qualità delle fragole

L'effetto positivo sull'accrescimento e sulla produzione derivante dall'applicazione di bio-fertilizzanti è maggiormente evidente in caso di colture frutticole annuali o biennali come la fragola (Fig. 2). Prove condotte per vari anni su tale coltura, sia in pieno campo, sia in ambienti controllati, hanno evidenziato la capacità di migliorare l'accrescimento delle piante e anche la produzione, dal punto di vista sia quantitativo che qualitativo. Ad esempio, un consorzio costituito da ceppi di funghi micorrizici e varie specie di batteri rizosferici è risultato indurre, su diverse varietà, un accrescimento radicale anche doppio rispetto a piante fertilizzate con concime minerale e circa il 50% maggiore rispetto a pian-

te trattate con vari tipi di fertilizzanti organici. Allo stesso tempo, le piante inoculate sono risultate avere un tasso di micorrizzazione delle radici fino a 4 volte maggiore rispetto a piante non trattate e fino a 20 volte maggiore rispetto a piante fertilizzate con un concime minerale (Sas Paszt *et al.*, 2011).

Lo stesso bio-fertilizzante, in prove di campo, ha permesso di ottenere lo stesso quantitativo di prodotto in termini di quantità rispetto alla fertilizzazione minerale, ma un aumento di circa il 20% di frutti di prima qualità, apportando al suolo solo circa 1/3 di sostanze azotate. I meccanismi alla base di tale risposta sono sia derivanti dalla modifica dell'architettura del sistema radicale, con formazione di radici più lunghe e ramificate, sia dalla modifica della fisiologia della pianta che risulta favorire l'alcalinizzazione delle zone prossimali e un'acidificazione maggiore a livello di apici radicali, favorevole alla solubilizzazione di vari elementi nutritivi, particolarmente del fosforo (Malusà *et al.*, 2007).

Sinergia fra funzionalità radicale e microrganismi nel suolo

In conclusione, si può affermare che la gestione della nutrizione in frutticoltura possa essere favorita dall'utilizzo di bio-fertilizzanti, considerando le nuove conoscenze acquisite sui processi del suolo, sugli effetti che la biodiversità ha sulla produttività delle piante, soprattutto in condizioni di cambiamento climatico, e sulle interconnessioni tra i microrganismi e la pianta. È infatti importante comprendere appieno l'im-

portanza di tali network e su come le pratiche agricole possano modificarli, migliorarli o danneggiarli. A tale scopo sono dedicati due progetti europei in cui il nostro gruppo è attualmente coinvolto: "Domino" (<http://www.domino-coreorganic.eu/>) e "Excalibur" (<https://www.excaliburproject.eu/>). Nell'anno in cui la Commissione Ue lancia una "missione" dedicata alla qualità del suolo per definire le priorità per il prossimo programma quadro di ricerca (<https://ec.europa.eu/info/horizon-europe-next-research-and-innovation-framework-programme/mission-area-soil-health-and-food-it>) è forse curioso ricordare come nel 2009 il famoso film di James Cameron "Avatar" anticipasse il concetto che la relazione tra il sistema radicale delle piante e i microrganismi del suolo fosse alla base della vita: aumentando la fertilità biologica del suolo potremo quindi influenzare la produttività delle piante e migliorarne la qualità dei prodotti. ■

BIBLIOGRAFIA

- Adesemoye A.O., Torbert H.A., Kloepper J.W. 2009. Plant growth-promoting rhizobacteria allow reduced application rates of chemical fertilizers. *Microb. Ecol.* 58:921-929
- Grzyb Z.S., Piotrowski W., Bielicki P., Sas Paszt L. and Malusà E. 2012. Effect of different fertilizers and amendments on the growth of apple and sour cherry rootstocks in an organic nursery. *J. Fruit Ornament. Plant Res.* 20(1): 43-53
- Ma W., Mao Q., Xia W., Dong G., Yu C. and Jiang F. 2019. Gut microbiota shapes the efficiency of cancer therapy. *Front. Microbiol.*, doi:10.3389/fmicb.2019.01050
- Malusà E., Pinzari F., Canfora L. 2016. Efficacy of biofertilizers: challenges to improve crop production. In Singh D.P., Singh H.B., Prabha R. (Eds.) "Microbial inoculants in sustainable agricultural productivity - Vol. 2: Functional applications" Springer, pp.17-40. DOI 10.1007/978-81-322-2644-4_2
- Malusà E., Sas Paszt L., Popińska W. and Żurawicz E. 2007. The effect of a substrate containing arbuscular mycorrhizal fungi and rhizosphere microorganisms (*Trichoderma*, *Bacillus*, *Pseudomonas* and *Streptomonas*) and foliar fertilization on growth response and rhizosphere pH of three strawberry cultivars." *Intern. J. Fruit Sci.* 6: 25-41.
- Marschner P., Kandeler E. and Marschner B. 2003 Structure and function of the soil microbial community in a long-term fertilizer experiment. *Soil Biology and Biochemistry*, 35, 453-461. [http://dx.doi.org/10.1016/S0038-0717\(02\)00297-3](http://dx.doi.org/10.1016/S0038-0717(02)00297-3)
- Sas Paszt L., Sumorok B., Malusà E., Gluszek S. and Derkowska E. 2011. The influence of bioproducts on root growth and mycorrhizal occurrence in the rhizosphere of strawberry plants 'Elsanta'. *J. Fruit Ornament. Plant Res.* 19(1): 13-34.
- Wang L., Li J., Yang F., E Y., Raza W., Huang Q., Shen Q. 2017. Application of bioorganic fertilizer significantly increased apple yields and shaped bacterial community structure in orchard soil. *Microb. Ecol.* 73:404-416. doi: 10.1007/s00248-016-0849-y.