

# Promuovere la biodiversità del suolo per ottimizzare i cicli delle sostanze nutritive

**Autrici e autori:** Dijana Vukovic, Franz Bender, Marcel van der Heijden  
**Versione:** 1 / Agosto 2025

Gli organismi del suolo sono decisivi per la sua salute e per l'efficienza dei cicli delle sostanze nutritive. Diversi organismi del suolo contribuiscono a migliorare l'assorbimento, la disponibilità e la ritenzione delle sostanze nutritive come l'azoto (N) e il fosforo (P), permettendo al contempo di ridurre al minimo le perdite di sostanze nutritive. Le pratiche agricole che preservano specifici gruppi di organismi del suolo, come per esempio la rinuncia ai pesticidi sintetici, una lavorazione ridotta del terreno, la coltivazione di prati temporanei annuali o pluriennali e la rotazione delle colture, favoriscono la vita del suolo e rafforzano i cicli naturali delle sostanze nutritive.

Tabella 1: Elementi chiave della misura

|                                           |                                                                                                                                                   |
|-------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Campo di applicazione                     | Campicoltura, orticoltura, aree erbose                                                                                                            |
| Livello di attuazione                     | Agricoltori                                                                                                                                       |
| Livello di azione                         | Campo                                                                                                                                             |
| Redditività                               | Incerta/variabile, nessuna affermazione generale possibile                                                                                        |
| Obiettivo d'efficacia                     | Azoto (N), fosforo (P)                                                                                                                            |
| Sottocategoria dell'obiettivo d'efficacia | Nitrato (NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> ), protossido di azoto (N <sub>2</sub> O), azoto (N <sub>2</sub> ), fosfato (PO <sub>4</sub> <sup>-</sup> ) |
| Periodo di azione                         | A lungo termine                                                                                                                                   |
| Azione/Potenziale di riduzione            | Variabile                                                                                                                                         |

## Meccanismo di azione

Gli organismi del suolo svolgono una molteplicità di funzioni rilevanti e determinanti per i cicli naturali delle sostanze nutritive. Diversi microorganismi scompongono il materiale organico, trasformandolo in sostanze nutritive assimilabili dalle piante (Van Veen & Kuikman, 1990). Altri vivono in stretta simbiosi con le piante e ne migliorano notevolmente l'apporto nutritivo (Rapporto agricolo, 2017). Tra questi figurano i funghi micorrizici, che con il loro micelio ampliano l'apparato radicale delle piante e il loro approvvigionamento di sostanze nutritive, in particolare del fosforo (P) (van der Heijden et al., 2008). Inoltre, i funghi micorrizici accrescono la resistenza delle piante allo stress e agli agenti patogeni (Adamec & Andrejiová, 2018). Anche i batteri che fissano l'azoto vivono in simbiosi con le radici delle piante, trasformando l'N<sub>2</sub> atmosferico in una forma assimilabile (Rapporto agricolo, 2017). Questi microorganismi possono fissare oltre 300 kg di azoto (N) per ettaro all'anno, superando le consuete quantità di azoto di una concimazione minerale annuale (Nyfeler et al., 2011). Gli organismi del suolo più grandi decompongono il materiale organico e, scavando, contribuiscono a migliorare la struttura del suolo, favorendo una distribuzione uniforme delle sostanze nutritive (Le Bayon & Binet, 2006).



Studi recenti dimostrano che un'elevata biodiversità nel suolo migliora la disponibilità di N e di P per le piante e al contempo può ridurre le perdite di N causate da emissioni e dilavamento (Bender et al., 2015 & 2023). Una biologia del suolo attiva può quindi contribuire a ridurre il fabbisogno di concimazione e a ridurre le perdite di sostanze nutritive in agricoltura (Thiele-Bruhn et al., 2012). Per promuovere la biodiversità del suolo nelle superfici agricole è possibile attuare diverse pratiche: poiché l'impiego di pesticidi e concimi minerali altera la composizione delle comunità del suolo, la conversione all'agricoltura biologica può offrire dei vantaggi (Thiele-Bruhn et al., 2012). Numerosi studi dimostrano che l'uso dei pesticidi riduce la capacità intrinseca del suolo di svolgere la propria funzione naturale di concimazione. Questo perché determinati pesticidi riducono la frequenza e la capacità di assorbimento delle sostanze nutritive da parte dei funghi micorrizici utili (Riedo et al. 2021; Edlinger et al. 2022). Anche altre misure, in particolare una ridotta lavorazione del suolo, che ne preserva la struttura e quindi protegge gli habitat, favoriscono la biodiversità (Wittwer et al., 2021). Inoltre, l'introduzione della rotazione delle colture e delle colture miste contribuisce ad aumentare la varietà di microbi e di altri organismi nel suolo (van der Heijden & Wagg, 2013; Guo et al., 2024). Numerosi studi dimostrano che una copertura del suolo per tutto l'anno ha effetti positivi sulla vita del suolo e sui suoi processi importanti (Koudahe et al., 2022).

### **Vantaggi/sinergie**

- Miglior assorbimento delle sostanze nutritive: una maggiore biodiversità del suolo favorisce l'assorbimento di N e di P da parte delle piante, con effetti positivi sulla loro produttività (Bender et al., 2015/2023).
- Soppressione di malattie: una ricca biodiversità impedisce l'accumulazione di agenti patogeni (Jayaraman et al., 2021).
- Protezione dall'erosione: una ridotta lavorazione del suolo ne favorisce la stabilità strutturale e riduce l'erosione (Seitz et al., 2019).
- Fissazione dell'azoto: rotazioni delle colture ben strutturate, colture miste e coperture del suolo (prati temporanei) contenenti leguminose possono ridurre il fabbisogno di concimi azotati, poiché l' $N_2$  atmosferico viene fissato dai batteri azotofissatori (Nyfeler et al., 2011; Zhao et al., 2022). Inoltre, i prati temporanei favoriscono anche altri organismi utili sotterranei come i lombrichi e i funghi micorrizici (Jossi et al., 2001; Koudahe et al., 2022).

### **Svantaggi/Limiti/Conflitti di obiettivo**

- Transizione complessa: il passaggio a metodi di coltivazione sostenibili può rappresentare una sfida. Gli agricoltori necessitano di nuove competenze, tecnologie e infrastrutture, e ciò richiede investimenti in termini economici e di tempo (Gomes & Reidsma, 2021).
- Rese inferiori: la conversione all'agricoltura biologica può comportare rese inferiori, generando incertezza economica (Wittwer et al., 2021; Ferjani et al., 2010).
- Conoscenze ancora incomplete: gli effetti di specifici organismi del suolo e delle loro interazioni sulla dinamica delle sostanze nutritive non sono ancora state analizzate a sufficienza. Va inoltre considerato che non tutti gli organismi del suolo sono utili e che non è da escludere la presenza di diversi agenti patogeni. La biodiversità microbica nei sistemi agricoli può essere molto elevata anche a causa di agenti patogeni o opportunisti. Pertanto è fondamentale favorire gli organismi viventi del suolo che forniscono funzioni utili come l'assorbimento delle sostanze nutritive, il sequestro di carbonio e la riduzione del dilavamento delle sostanze nutritive.

### **Interazioni**

Per promuovere efficacemente la biodiversità nel suolo non è necessario implementare tutte le misure contemporaneamente; può risultare vantaggiosa una combinazione mirata di diversi approcci. Per esempio, nell'agricoltura biologica, dove è escluso l'impiego di erbicidi, gli agricoltori devono ricorrere più di frequente all'aratura, e ciò rende difficile ridurre la lavorazione del suolo (Bioattualità, 2019). Tuttavia, l'agricoltura biologica si integra bene con pratiche come la rotazione delle colture e le colture miste. Inoltre potrebbe essere utile l'inoculo di organismi utili come i funghi micorrizici arbuscolari, visto che la rinuncia a pesticidi di sintesi e a concimi potrebbe favorire il successo di questi inoculi, anche se è ancora impossibile prevederne il successo effettivo. In diverse analisi, i funghi micorrizici sono stati associati a una riduzione delle perdite di P (Asghari et al., 2005; Bender et al., 2015). Inoltre, tali funghi possono potenzialmente aumentare la resa di determinate colture. Uno studio condotto da Lutz et al. (2023) su 54 campi di mais ha evidenziato che, in due terzi dei casi, l'inoculazione con funghi micorrizici ha portato a un aumento di resa fino al 40 %.

### **Attuazione: dispendio/procedura/applicazione/fattibilità**

La fattibilità e l'impegno richiesto variano in base alle misure e all'azienda. Gli agricoltori dovrebbero collaborare con servizi di consulenza per sviluppare strategie su misura e tener conto delle esigenze specifiche. Alcuni metodi come la rinuncia ai pesticidi di sintesi possono rappresentare una sfida, poiché richiedono l'adozione di metodi alternativi per combattere efficacemente parassiti e malattie. L'implementazione della rotazione delle colture, di colture miste e di prati temporanei risulta in genere attuabile, ma richiede una pianificazione accurata e un adeguamento alle condizioni locali. L'inoculazione con microorganismi utili rappresenta un metodo promettente per sfruttare in modo mirato la vita del suolo: gli inoculi possono includere funghi micorrizici e altri microorganismi in grado di contrastare le malattie e rafforzare le piante. Tuttavia è necessario ampliare la ricerca per valutare la stabilità e l'efficacia di tali inoculi nelle diverse situazioni.

## Requisiti/Condizioni

- Conoscenze: gli agricoltori devono possedere conoscenze sulla biodiversità del suolo e sulla sua importanza per i cicli di sostanze nutritive.
- Accesso alle risorse: è necessario l'accesso ad alternative biologiche per la lotta alle malattie, a sementi di qualità e a concime organico.
- Infrastruttura tecnologica: sono necessari mezzi adeguati per ridurre la lavorazione del suolo.
- Sostegno finanziario: i programmi di incentivazione e i sussidi finanziari favoriscono il passaggio a metodi sostenibili.

## Valutazioni

### Redditività

Questa scheda presenta numerosi provvedimenti / approcci possibili che, combinati adeguatamente, possono favorire la biodiversità del suolo. Attualmente non è disponibile una valutazione quantitativa esatta della loro redditività per il contesto svizzero, perciò, l'analisi proposta è di natura qualitativa e si limita ad alcuni aspetti economici, senza pretese di completezza.

Il passaggio a pratiche agricole sostenibili può comportare costi iniziali elevati, tuttavia è possibile usufruire di ulteriori pagamenti diretti (Bioattualità, 2023). Inoltre, il miglioramento a lungo termine della vita del suolo si traduce in una migliore disponibilità di sostanze nutritive e in una maggiore resistenza delle piante ai parassiti e alle malattie (de Sousa & Moreira, 2024). Ciò consente di risparmiare costi per i prodotti fitosanitari e i concimi. Pratiche come le colture miste contribuiscono a ridurre al minimo il rischio di perdita del raccolto e a favorire la stabilità del reddito (Awaad & El-Naggar, 2018). Il passaggio a sistemi di produzione biologica può anche generare un valore aggiunto attraverso l'accesso ai mercati dedicati (Moosmann et al., 2023). In generale, le misure per favorire la biodiversità del suolo potrebbero portare agli agricoltori non soltanto benefici ecologici, ma anche economici, sebbene questi ultimi siano difficili da quantificare a causa della loro complessità.

### Potenziale di riduzione

I risultati di un esperimento condotto in lisimetro (Bender et al., 2023) indicano che una maggiore diversità del biota del suolo può aumentare l'assorbimento di azoto del 20 % e quello di fosforo del 58 %. Inoltre, è stata osservata una riduzione del 65 % del dilavamento di N e del 97 % delle emissioni di  $N_2O$  e di  $N_2$ . Tuttavia, non è ancora possibile stimare in che misura tali risultati siano trasferibili ai sistemi agricoli reali. Il potenziale di riduzione è molto variabile e dipende da fattori quali il sito specifico, le condizioni ambientali e la composizione delle comunità del suolo.

### Criteri di successo/qualità

La diversità e l'abbondanza di microorganismi nel suolo possono essere rilevate mediante analisi molecolari (p. es. sequenziamento del DNA). Inoltre si potrebbe analizzare la colonizzazione di funghi micorrizici nell'apparato radicale come indicatore di un miglior apporto di P. L'analisi diretta del dilavamento di P e delle emissioni di  $N_2$  sul campo richiede un notevole sforzo scientifico; tuttavia, è possibile stimare il dilavamento di N e le emissioni di  $N_2O$ .

### Prospettive per le parti interessate

- Agricoltori: per molti operatori la redditività economica riveste un ruolo determinante. Mentre alcuni vedono la possibilità di trarre profitti a lungo termine grazie a una migliore fertilità del suolo, per altri può risultare difficile giustificare gli investimenti iniziali e l'onere di attuazione. L'accesso ai mercati biologici, tuttavia, può rappresentare un'opportunità interessante per incrementare le entrate.
- Politica e autorità: è nell'interesse della politica e delle autorità favorire pratiche agricole sostenibili nell'ambito della promozione della biodiversità. Esse potrebbero offrire incentivi o sovvenzioni per aumentare l'accettazione da parte degli agricoltori e favorire un'ampia attuazione di queste misure.
- Consumatori: l'attenzione dei consumatori verso prodotti ottenuti con metodi sostenibili è in costante crescita. L'agricoltura biologica, spesso associata a una maggiore biodiversità del suolo, è interessante per i consumatori più sensibili agli aspetti ambientali e disposti a pagare prezzi più elevati per prodotti realizzati tenendo conto di aspetti ecologici.

## Conclusione

Promuovere la biodiversità del suolo è decisivo per ottimizzare i cicli di N e di P in agricoltura. Un'elevata biodiversità del suolo contribuisce non solo a migliorare la disponibilità di sostanze nutritive, ma anche a ridurre le perdite delle stesse attraverso il dilavamento e le emissioni. Le pratiche agricole che tutelano e favoriscono la biodiversità offrono, nel lungo periodo, vantaggi ecologici e, potenzialmente, economici. Tuttavia, il passaggio a metodi sostenibili richiede investimenti iniziali e adeguamenti che possono essere facilitati da un sostegno e da una consulenza mirati.

## Maggiori informazioni

### Contenute in...

Agrarforschung Schweiz (2023). Reduzierte Nährstoffeffizienz und grössere Umweltbelastung durch Verarmung des Bodenlebens. Agrarforschung Schweiz. <https://www.agrarforschungschweiz.ch/2023/12/reduzierte-naehrstoffeffizienz-und-groessere-umweltbelastung-durch-verarmung-des-bodenlebens/>

Bender, F., Peter, N., & van der Heijden, M. (2022). Suolo sano grazie alla biodiversità. Proteggere il suolo, promuovere la sua biodiversità e trarre benefici per la produzione agricola. Scheda tecnica Agroscope n° 158. Agroscope, Zurigo. <https://ira.agroscope.ch/de-CH/publication/50124>

## Bibliografia

Adamec, S., & Andrejiová, A. (2018). Mycorrhiza and stress tolerance of vegetables: A review. *Acta Horticulturae et Regiotecturae*, 2, 30–35.

Rapporto agricolo. (2017). Biodiversità del suolo. <https://2017.agrarbericht.ch/it/ambiente/biodiversita/biodiversita-del-suolo>

Asghari, H. R., Chittleborough, D. J., Smith, F. A., & Smith, S. E. (2005). Influence of arbuscular mycorrhizal (AM) symbiosis on phosphorus leaching through soil cores. *Plant and Soil*, 275, 181–193.

Awaad, H., & El-Naggar, N. (2018). Role of intercropping in increasing sustainable crop production and reducing the food gap in Egypt. In A. M. Negm & M. Abu-hashim (Eds.), *Sustainability of agricultural environment in Egypt: Part I*, Band 76, S. 1–15. Springer.

Bender, S.F. & van der Heijden, M.G.A., (2015). Soil biota enhance agricultural sustainability by improving crop yield, nutrient uptake and reducing nitrogen leaching losses. *Journal of Applied Ecology*, 51(6), 1404–1412. <https://doi.org/10.1111/1365-2664.12351>

Bender, S.F., Schulz, S., Martínez-Cuesta, R., Laughlin, R.J., Kublik, S., Pfeiffer-Zakharova, K., Vestergaard, G., Hartman, K., Parladé, E. et al., (2023). Simplification of soil biota communities impairs nutrient recycling and enhances above- and belowground nitrogen losses. *New Phytologist*, 240, 2020–2034. <https://doi.org/10.1111/nph.19252>

Bioattualità (2019). Alternativen zum Pflug. <https://www.bioaktuell.ch/pflanzenbau/ackerbau/bodenbearbeitung/alternativen-zum-pflug>

Bioattualità (2023). Costi e contributi. <https://www.bioattualita.ch/grundlagen/umstellung/allgemein/costi-e-contributi>

de Sousa, R. N., & Moreira, L. A. (2024). Plant nutrition optimization: Integrated soil management and fertilization practices. *IntechOpen*. <https://doi.org/10.5772/intechopen.114848>

Edlinger, A., Garland, G., Hartman, K., et al. (2022). Agricultural management and pesticide use reduce the functioning of beneficial plant symbionts. *Nature Ecology & Evolution*, 6, 1145–1154.

Ferjani, A., Reissig, L. & Mann, S. (2010). Ein- und Ausstieg im Biolandbau. Forschungsanstalt Agroscope Reckenholz-Tänikon ART. ISBN 978-3-90-5733-17-4. ART, Ettenhausen. <https://ira.agroscope.ch/de-CH/publication/22681>

Gomes, A. & Reidsma, P., 2021. Time to transition: Barriers and opportunities to farmer adoption of soil GHG mitigation practices in Dutch agriculture. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, 5, 706113.

Guo, T., Yao, X., Wu, K., Guo, A., & Yao, Y. (2024). Response of the rhizosphere soil microbial diversity to different nitrogen and phosphorus application rates in a hullless barley and pea mixed-cropping system. *Applied Soil Ecology*, 195, 105262.

Jayaraman, S., Naorem, A. K., Lal, R., Dalal, R. C., Sinha, N. K., Patra, A. K., & Chaudhari, S. K. (2021). Disease-suppressive soils—beyond food production: A review. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition*, 21(2), 1437–1465.

Jossi, W., Valenta, A., Zihlmann, U., Dubois, D., Tschachtli, R., & Pfiffner, L. (2001). Einfluss unterschiedlicher Anbausysteme auf die Regenwurmfauna. *Agrarforschung*, 8(2), 60–65.

Koudahe, K., Allen, S. C., & Djaman, K. (2022). Critical review of the impact of cover crops on soil properties. *International Soil and Water Conservation Research*, 10(3), 343–354.

Koudahe, K., Allen, S. C., & Djaman, K. (2022). Critical review of the impact of cover crops on soil properties. *International Soil and Water Conservation Research*, 10(3), 343–354.

Le Bayon, R. C., & Binet, F. (2006). Earthworms change the distribution and availability of phosphorus in organic substrates. *Soil Biology and Biochemistry*, 38(2), 235–246

Moosmann, S., Holinger, M., Kretschmar, U., Ineichen, L., Rees, C., Weidmann, G., Dierauer, H., Hürner, M., Hartung, S., Brunner, F., & Müller, A. (2023). Merkblatt: Umstellung auf Bio. Eine Hilfestellung für Entscheidung und Vorgehen (Ausgabe Schweiz, Nr. 1001). Istituto di ricerca dell'agricoltura biologica FiBL.

- Nyfelner, D., Huguenin-Elie, O., Suter, M., Frossard, E., & Lüscher, A. (2011). Grass-legume mixtures can yield more nitrogen than legume pure stands due to mutual stimulation of nitrogen uptake from symbiotic and non-symbiotic sources. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 140, 155–163.
- Riedo, J., Wettstein, F. E., Rösch, A., Herzog, C., Banerjee, S., Büchi, L., Charles, R., Wächter, D., Martin-Laurent, F., Bucheli, T. D., Walder, F., & van der Heijden, M. G. A. (2021). Widespread Occurrence of Pesticides in Organically Managed Agricultural Soils-the Ghost of a Conventional Agricultural Past?. *Environmental science & technology*, 55(5), 2919–2928.
- Seitz, S., Goebes, P., Puerta, V. L., Pujol Pereira, E. I., Wittwer, R., Six, J., van der Heijden, M. G. A., & Scholten, T. (2019). Conservation tillage and organic farming reduce soil erosion. *Agronomy for Sustainable Development*, 39(4).
- Thiele-Bruhn, S., Bloem, J., de Vries, F. T., Kalbitz, K., & Wagg, C. (2012). Linking soil biodiversity and agricultural soil management. *Current Opinion in Environmental Sustainability*, 4(5), 523–528
- van der Heijden, M. G. A., & Wagg, C. (2013). Soil microbial diversity and agro-ecosystem functioning. *Plant and Soil*, 363(1), 1–5.
- van der Heijden, M. G., Bardgett, R. D., & van Straalen, N. M. (2008). The unseen majority: Soil microbes as drivers of plant diversity and productivity in terrestrial ecosystems. *Ecology Letters*, 11(3), 296–310.
- Van Veen, J.A., Kuikman, P.J. (1990). Soil structural aspects of decomposition of organic matter by micro-organisms. *Biogeochemistry* 11, 213–233.
- Wittwer, R. A., Bender, S. F., Hartman, K., Hydbom, S., Lima, R. A. A., Loaiza, V., Nemecek, T., Oehl, F., Olsson, P. A., Petchey, O., Prechsl, U. E., Schlaeppli, K., Scholten, T., Seitz, S., Six, J., & van der Heijden, M. G. A. (2021). Organic and conservation agriculture promote ecosystem multifunctionality. *Science Advances*, 7(34). <https://doi.org/10.1126/sciadv.abg6995>
- Zhao, Y., Tian, Y., Li, X., Song, M., Fang, X., Jiang, Y., & Xu, X. (2022). Nitrogen fixation and transfer between legumes and cereals under various cropping regimes. *Rhizosphere*, 22, 100546.

## Colophon

|                     |                                                                                                                |
|---------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Editore             | Agroscope<br>Reckenholzstrasse 191<br>8046 Zurigo<br><a href="http://www.agroscope.ch">www.agroscope.ch</a>    |
| Editore della serie | Frank Liebisch                                                                                                 |
| Download            | <a href="http://www.agroscope.ch/perditedisostanzenuitritive">www.agroscope.ch/perditedisostanzenuitritive</a> |
| Copyright           | © Agroscope 2025                                                                                               |

### Esclusione di responsabilità

Agroscope declina qualsiasi responsabilità in merito all'attuazione delle informazioni riportate. Si applica la giurisprudenza svizzera attuale.