

Salute del suolo: artropodi e lombrichi sentinelle dell'agroecologia

Di Marco Monticelli e altri - 28 Agosto 2025



Foto copyright: Monticelli M, Coletta M, La Terza A

Coltivazione a strisce di frumento, fava e trifoglio presso l'azienda I Lubachi. In primo piano l'infrastruttura ecologica costituita da fasce fiorite per attrarre l'entomofauna utile

Il progetto nella coltivazione a strisce nei sistemi agricoli biologici delle Marche ha utilizzato indici specifici per misurare la salute del suolo: gli indici di Qualità Suolo-artropodi (QBS-ar) e QBS-e (lombrichi)

La salute del suolo è “la capacità di fornire risorse primarie, ospitare biodiversità e sostenere servizi ambientali dei sistemi terrestri” (FAO, 2015).

Negli ecosistemi naturali, la salute del suolo si mantiene grazie a complessi equilibri biologici e fisico-chimici, sostenuti dalla ricca diversità di organismi presenti.

Nei contesti agricoli, tali equilibri possono essere compromessi da pratiche colturali intensive e da assetti produttivi semplificati, come le monocolture (*pure stand*), che riducono la diversità biologica e impoveriscono la struttura e la funzionalità del suolo. In questi casi, il mantenimento della salute del suolo richiede interventi agronomici mirati, in grado di ristabilire la complessità ecologica e rigenerare i cicli naturali.

Tra le pratiche più promettenti in questo senso, la **diversificazione colturale**, e in particolare la **coltivazione a strisce** (*strip cropping*), che prevede la disposizione di più specie coltivate in strisce alternate sul medesimo appezzamento, potrebbe rappresentare una strategia efficace per stimolare la funzionalità biologica del suolo.

Il progetto OrtoBioStrip

Il [progetto OrtoBioStrip](#), finanziato dal Programma di sviluppo rurale (Psr) 2024–2022 della Regione Marche, nell'ambito della sottomisura 16.1.A.2, ha valutato l'impatto di questa innovazione nei sistemi orticoli biologici locali. Il progetto ha monitorato vari indicatori chiave di prestazione (*Key Performances Indicators*; KPIs) tra cui vari indici di vegetazione come l'NDVI (Normalized Difference Vegetation Index), il SAVI (Soil Adjusted Vegetation Index) e l'Indice di area fogliare (LAI, Leaf Area Index), il contenuto di clorofilla (Ccc, Canopy chlorophyll content) e lo stato di stress idrico delle colture NDMI, Normalized Difference Moisture

Index). Inoltre la qualità biologica del suolo è stata valutata usando i seguenti indici: il **QBS-ar** (Qualità Biologica del Suolo basata sugli artropodi) e il **QBS-e** (basata sui lombrichi).

In questa prospettiva, il presente contributo, che si inserisce in continuità con l'[articolo pubblicato da Gabriele Campanelli et al.](#) il 25 luglio scorso, approfondisce gli effetti dell'introduzione del **sistema colturale a strisce** (*strip cropping*, di seguito **SC**) sulla **biodiversità del suolo**, con particolare riferimento a microartropodi e lombrichi.

Le attività di confronto tra il sistema **SC** e il **sistema colturale tradizionale a campi interi** (*pure stand*, di seguito **PS**) sono state condotte in parallelo su due aziende agricole marchigiane, selezionate per rappresentare differenti contesti pedoclimatici e gestionali.

Salute del suolo e biodiversità edafica: gli indici QBS

La pedofauna, ovvero l'insieme degli organismi che vivono nel suolo, rappresenta un indicatore diretto dello stato di salute del suolo stesso. La presenza, la diversità e l'abbondanza di queste comunità biologiche riflettono la capacità del suolo di sostenere processi ecologici fondamentali, come la decomposizione della sostanza organica e il riciclo dei nutrienti. In Italia, due indici QBS (Qualità Biologica del Suolo) hanno trovato ampia applicazione: il QBS-ar, basato sui microartropodi, e il QBS-e, focalizzato sulle comunità di lombrichi.

Misurare la salute del suolo con i microartropodi

Il **QBS-ar** è stato messo a punto negli anni 2000 presso l'Università di Parma dal professor Vittorio Parisi (1) e successivamente adottato da numerosi gruppi di ricerca a livello internazionale. Nonostante i microartropodi siano pressoché invisibili a occhio nudo, il metodo di valutazione è semplice e accessibile, sia nella procedura che nell'elaborazione del dato.



Esemplare di chilopode geofilomorfo trovato durante gli scavi per il campionamento

Il campionamento consiste nel prelievo di un blocco di suolo di circa 10x10x10 cm, che viene poi trasferito in laboratorio e posizionato su un estrattore Berlese-Tullgren, un dispositivo che sfrutta luce e calore per spingere gli organismi verso un imbuto che li convoglia in provette con liquido conservante. Dopo circa una settimana, i campioni vengono esaminati al **microscopio stereoscopico**, e a ciascun gruppo di artropodi rinvenuto si assegna un punteggio basato sul grado di adattamento alla vita ipogea (assenza di ali, riduzione o perdita dell'apparato visivo, depigmentazione ecc.).

Il punteggio complessivo QBS-ar rappresenta così un indice sintetico della "vitalità" del suolo in termini di mesofauna, componente essenziale nei processi di trasformazione della sostanza organica e nel mantenimento della struttura biologica del terreno.

Misurare la salute del suolo con i lombrichi

Il QBS-e è stato sviluppato più recentemente presso l'Università di Padova dal professor Maurizio Paoletti (2). Si fonda su anni di studi relativi alla distribuzione e al ruolo ecologico dei lombrichi nei contesti agricoli, ed elabora un indice che considera non solo l'abbondanza, ma anche il comportamento trofico, le abitudini di scavo e riproduzione delle diverse specie.

In particolare, vengono distinte cinque categorie ecologiche principali di lombrichi:

1. **Epigei**, che vivono in superficie e si nutrono di lettiera senza scavare;
2. **Endogei**, che ingeriscono suolo scavando gallerie orizzontali a bassa profondità;
3. **Anecici**, o "profondi scavatori", di dimensioni più grandi, che costruiscono gallerie verticali anche oltre il metro, e risalgono in superficie per alimentarsi e rilasciare deiezioni ricche di nutrienti;
4. **Idrofili**, adattati ad ambienti umidi o temporaneamente sommersi;
5. **Coprofagi**, che vivono in ambienti ricchi di sostanza organica come letame o compost.



Foto copyright: Monticelli M, Coletta M, La Terza A

Lombrico anecico rinvenuto presso l'azienda I Lubachi durante il campionamento per la stima dell'indice di Qualità Biologica del Suolo QBS-e

A differenza del QBS-ar, il QBS-e non richiede particolari strumentazioni e **può essere applicato direttamente in campo**. Tuttavia, dal punto di vista operativo, il monitoraggio dei lombrichi è più impegnativo. I campioni di suolo hanno dimensioni maggiori (tipicamente 20x20x20 cm) e i lombrichi vengono estratti manualmente (*hand-sorting*) oppure con l'ausilio di soluzioni contenenti sostanze irritanti per favorire la fuoriuscita dei lombrichi dal suolo e la loro raccolta (es. polvere di senape o l'isotiocianato di allile, un principio che si ritrova nei semi di senape).

In generale i due metodi sono combinati in modo da ottenere una maggiore efficacia nell'estrazione dei lombrichi dal suolo, soprattutto delle forme aneciche, ovvero di profondità. Il punteggio finale, calcolato sulla base delle categorie ecologiche rinvenute, fornisce un'indicazione della **qualità biologica legata alla struttura e alla funzionalità del suolo**, dato che i lombrichi sono particolarmente sensibili alle lavorazioni, all'uso di fertilizzanti e di agrofarmaci.

L'attività nelle Marche

Nel contesto regionale marchigiano gli indici QBS, in particolare il QBS-ar, sono stati ampiamente impiegati per la valutazione della qualità biologica dei suoli agricoli, nell’ambito delle attività di ricerca del [laboratorio Biodiversità e Monitoraggio del Suolo \(BMS\)](#) dell'Università di Camerino. Questo approccio, applicato in numerosi contesti pedoclimatici e agronomici, ha permesso di effettuare confronti sistematici tra diversi sistemi colturali e pratiche di gestione, contribuendo ad una migliore comprensione dello stato di salute dei suoli a scala territoriale.

Piano sperimentale e raccolta dati

Il progetto OrtoBioStrip, avviato alla fine del 2022 con una durata triennale, si concluderà entro la fine del 2025. Il monitoraggio della pedofauna è stato condotto lungo tutto il periodo progettuale; in questo contributo vengono presentati i risultati relativi alle tre annate agrarie: 2023, 2024 e 2025.

Le attività si sono svolte nel periodo primaverile presso le due aziende agricole coinvolte, attraverso la raccolta di dati sulle pratiche colturali pregresse, con particolare attenzione alla gestione del suolo, e il prelievo di campioni nei sistemi SC e nei sistemi tradizionali PS per la stima degli indici di qualità biologica del suolo: **QBS-ar** presso l'**azienda agricola Malavolta** (Massignano, AP) e **QBS-e** presso l'**azienda I Lubachi** (Fratte Rosa, PU).

Per ciascuna azienda, entrambe condotte secondo i principi dell'agricoltura biologica, è stato definito un piano di rotazione colturale specifico per i sistemi **SC** e per i corrispettivi sistemi di confronto **PS**, in coerenza con le esigenze produttive.

Presso l'azienda I Lubachi, la rotazione ha previsto l'alternanza di fava (varietà locale di Fratte Rosa), frumento (materiale eterogeneo biologico) e trifoglio da seme. Nell'azienda Malavolta, il ciclo colturale ha incluso favino come coltura di copertura, diverse Cucurbitacee (zucchini, zucca, melone) e frumento (materiale eterogeneo biologico). In quest'ultima azienda è stato inoltre valutato l'**effetto delle fasce fiorite sulla qualità biologica del suolo**.

Nel complesso, durante il triennio di monitoraggio sono stati raccolti **56 campioni di suolo per l'analisi dei microartropodi** presso l'azienda Malavolta, mentre nell'azienda “I Lubachi” sono stati prelevati **126 campioni per il monitoraggio dei lombrichi**, considerando la maggiore estensione dell’area di studio. Dai campioni raccolti sono stati calcolati gli indici QBS-ar e QBS-e, integrati da parametri complementari, come densità e biomassa di lombrichi, numero di forme biologiche e densità di microartropodi.

Risultati

Nel corso del triennio di monitoraggio sono stati complessivamente raccolti **806 lombrichi**, appartenenti a tutte e cinque le categorie ecologiche comunemente riconosciute per il gruppo, e **10.630 microartropodi edafici**, appartenenti a **32** forme biologiche distinte.

Azienda I Lubachi

Valori QBS-e suddivisi per anno e sistema gestionale

	I anno		II anno		III anno	
	Pure	Strip	Pure	Strip	Pure	Strip
QBS-e	232	111	355	561	349	424
densità lomb. (individui/m²)	93	41	136	146	128	166
biomassa lomb. (g/m²)	-	-	10,2	13,2	16,9	17,3

Nel sito I Lubachi, il **QBS-e** ha mostrato un **andamento crescente nel sistema *strip cropping***, con un incremento particolarmente marcato tra la prima e la seconda annata. È opportuno sottolineare che i dati del primo anno sono stati condizionati da alcune criticità tipiche della fase di avvio del progetto, tra cui la limitata disponibilità di sementi e ritardi nelle tempistiche colturali. Nonostante ciò, il confronto tra annate mostra un chiaro **miglioramento della qualità biologica del suolo nei sistemi a *strip***, confermato anche dagli altri indicatori valutati, come la **densità e la biomassa dei lombrichi**, espressione anch’essi della vitalità e funzionalità biologica del suolo. Nei campi *pure stand*, al contrario, i valori sono rimasti più stabili, suggerendo una risposta ecologica meno reattiva alle pratiche agronomiche adottate.

Azienda agricola Malavolta

Valori QBS-ar suddivisi per anno e sistema gestionale

	I anno			II anno			III anno		
	Pure	Strip	Fasce fiorite	Pure	Strip	Fasce fiorite	Pure	Strip	Fasce fiorite
QBS-ar	157	207	-	201	217	184	168	181	203
Densità microartropodi (ind./m²)	25480	29000	-	47925	44925	56100	12475	33150	87500
Forme biologiche	17	21	-	17	23	20	20	22	17

Da Malavolta, i valori di **Qbs-ar** hanno confermato una **migliore qualità biologica del suolo** nei sistemi a ***strip cropping*** rispetto ai *pure stand*. A differenza della comunità dei lombrichi, quella dei microartropodi tende a stabilizzarsi più rapidamente in risposta alle condizioni ambientali e gestionali, il che giustifica l’assenza di un’evoluzione lineare nel tempo. Le variazioni osservate nella densità degli individui sono attribuibili principalmente alle rotazioni colturali annuali e alle fluttuazioni climatiche stagionali.



Esemplari di lombrichi endogei disposti su una piastra Petri, pronti per l’identificazione allo stereoscopio

Le **fasce fiorite**, introdotte a partire dal secondo anno, hanno registrato valori particolarmente elevati nel 2025, suggerendo un **potenziale contributo positivo come serbatoio funzionale di biodiversità edafica**.

Alcune note sulla fauna edafica

Presso I Lubachi, pur essendo rappresentate tutte le categorie ecologiche di lombrichi, è stata riscontrata una netta predominanza degli **endogei** (circa il 97% del totale). Questo suggerisce condizioni del suolo caratterizzate da **buona struttura e composizione**, ma **limitata presenza di residui vegetali in superficie**, coerente con sistemi agronomici che non prevedono il mantenimento permanente della copertura.



Esempi di microartropodi indicatori della qualità biologica del suolo

Presso Malavolta è risultata particolarmente ricca la componente dei **miriapodi**, comprendente **chilopodi** (predatori), **diplopodi** (scavatori, in particolare della famiglia Julidae), **pauropodi** e **sinfili** (detritivori). La loro presenza è indicativa di una **diversificazione delle risorse trofiche** e di una **buona porosità del suolo**, in quanto questi organismi necessitano di fessure e spazi per muoversi e alimentarsi.

Indici QBS come indicatori di performance nella coltivazione a strisce

Gli indici QBS, grazie alla loro sensibilità alle variazioni ambientali e gestionali, si confermano **strumenti validi** per la valutazione della **qualità biologica del suolo** e l’efficacia di modelli agricoli **innovativi e sostenibili**. I dati raccolti saranno integrati con

parametri chimico-fisici e analizzati secondo approcci statistici per la redazione di pubblicazioni scientifiche alla conclusione del progetto.

Nel caso del progetto **OrtoBioStrip**, emerge chiaramente che le strategie di **diversificazione colturale** e l'introduzione di **colture di servizio a funzione agroecologica** (es. fasce fiorite) hanno contribuito a migliorare la salute del suolo, anche in sistemi già a conduzione biologica. I benefici osservati si sono manifestati in modo più evidente **sul medio periodo**, sottolineando l'importanza di pianificazioni **a lungo termine** orientate alla **rigenerazione ecologica dei suoli agricoli**.

(1) *La qualità biologica del suolo. Un metodo basato sui microartropodi. 2001. Acta Naturalia De L'ateneo Parmense*

(2) *Proposta di Indice di Qualità Biologica del Suolo (QBS-e) basato sui Lombrichi e applicato agli Agroecosistemi. 2013. Biologia Ambientale ([disponibile qui](#))*



Gli autori

Marco Monticelli, Martina Coletta, Antonietta La Terza - Scuola di Bioscienze e Medicina Veterinaria, Laboratorio di Biodiversità e Monitoraggio del Suolo (BMS), Università di Camerino. Via Gentile III da Varano, 62032 Camerino (MC).

marco.monticelli@unicam.it; martina.coletta@unicam.it; antonietta.laterza@unicam.it.

Gabriele Campanelli, Fabrizio Leteo, Andrea Pepe - Consiglio per la ricerca in agricoltura e l'analisi dell'economia agraria. Centro di orticoltura e florovivaismo (Crea-OF). Via Salaria 1, 63030 Monsampolo del Tronto (AP). gabriele.campanelli@crea.gov.it;

fabrizio.leteo@crea.gov.it; andreapepe83@libero.it

Stefano Canali, Ileana Iocola - Consiglio per la ricerca in agricoltura e l'analisi dell'economia agraria. Centro di ricerca agricoltura e ambiente. Via della Navicella 2, 00184 Roma. stefano.canali@crea.gov.it; ileana.iocola@crea.gov.it

Marcello Maggioli, Luca Colombo - Fondazione Italiana per la Ricerca in Agricoltura Biologica e Biodinamica. Via Pio Molajoni 76, 00159 Roma. m.maggioli@firab.it; l.colombo@firab.it

Francesca De Donatis, Martina Pirani, Valentina Piselli - ARCA S.r.l. Benefit, centro studi agroecologia biorigenerativa. Via Aldo Moro 18/20, 60031 Castelpiano (AN). f.dedonatis@arca.bio; m.pirani@arca.bio; v.piselli@arca.bio

Enzo Malavolta - Azienda Ortofrutticola Malavolta Enzo & Ivano. Via Montecatino n. 57, 63061 Massignano (AP). biomalavolta@libero.it

Nicola Rosatelli, Rodolfo Rosatelli - Azienda Agricola "I Lubachi", Via dei Lubachi n. 6, 61040 Fratte Rosa (PU). rodolforosatelli@libero.it
