

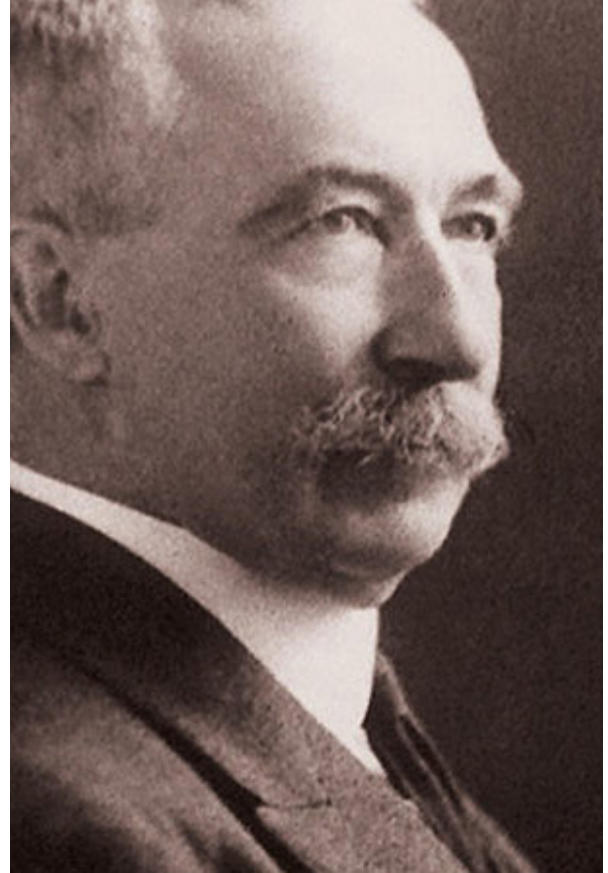
Studi condotti negli ultimi due decenni hanno evidenziato come la biodiversità microbica del suolo, la struttura organica e i processi biologici sotterranei influenzino in maniera diretta la sintesi dei metaboliti secondari.

Agricoltura rigenerativa e “fitocomplessi potenziati”: come un suolo vitale può aumentare il valore nutraceutico e cosmetico delle piante

La ricerca fitochimica contemporanea indica con sempre maggiore chiarezza che la qualità di una pianta officinale non è separabile dalla qualità del sistema che la genera. Il suolo, a lungo considerato un semplice supporto agronomico, si rivela invece una matrice biologica attiva, in grado di incidere in modo sostanziale sul metabolismo vegetale e sulla costruzione del fitocomplesso. L'agricoltura biologica rappresenta un passaggio necessario per superare un modello produttivo orientato perlopiù a massimizzare la resa per unità di superficie, ma è con l'approccio rigenerativo che il suolo torna a svolgere un ruolo centrale nel processo produttivo.

* **Giovanni Dinelli**
** **Ilaria Marotti**

Negli ultimi anni si è progressivamente affermata una visione più articolata della qualità delle piante officinali, che va oltre una valutazione basata esclusivamente sulla genetica della specie o sulle tecniche di estrazione dei principi attivi. È oggi sempre più chiaro che il valore nutraceutico e cosmetico di una pianta, inteso come insieme delle sue proprietà funzionali e bioattive, non è un dato isolato, ma il risultato di una vera e propria storia ecologica, in cui suolo, microbioma, ambiente e pratiche agricole interagiscono in modo continuo, modellando la composizione e l'equilibrio del fitocomplesso. Ne derivano differenze spesso poco visibili a prima vista, ma rilevanti sul piano funzionale. Studi condotti negli ultimi due decenni hanno evidenziato come la biodiversità microbica del suolo, la struttura organica e i processi biologici sotterranei influenzino in maniera diretta la sintesi dei metaboliti secondari, le molecole bioattive alla base delle principali attività nutraceutiche.



A sinistra Rudolf-Steiner, a destra Sir Albert Howard, considerati i fondatori dei principi della biodinamica applicata all'agricoltura.

tiche e cosmetiche delle piante. Questa prospettiva ha contribuito a spostare l'attenzione dal singolo principio attivo alla

complessità delle relazioni biologiche che ne determinano il valore funzionale, aprendo la strada a una lettura più integrata del fitocomplesso.

In questo scenario, l'agricoltura biologica e l'agricoltura rigenerativa stanno emergendo come due modelli complementari in grado di influenzare in modo significativo la qualità funzionale delle piante officinali. L'approccio biologico rappresenta la base di un modello produttivo rispettoso dei cicli naturali, mentre quello rigenerativo ne rappresenta l'evoluzione più avanzata, orientata al miglioramento attivo della vitalità del suolo. Sempre più aziende erboristiche e cosmetiche riconoscono nella qualità del suolo un parametro rilevante della filiera produttiva: raccontare come

“vive” il terreno da cui nasce una pianta significa raccontare una parte essenziale della sua efficacia, rafforzando la credibilità del prodotto finale.

Il suolo come organismo vivente: un alleato invisibile della pianta

Oggi il suolo viene sempre più spesso definito come un vero e proprio organismo vivente (**Figura 1**). Questa visione nasce dall'incontro tra microbiologia, agronomia ed ecologia del suolo. Gli studi di DNA ambientale hanno mostrato che un solo grammo di suolo può contenere milioni di microrganismi appartenenti a migliaia di specie diverse tra batteri, funghi, attinomiceti, e protozoi. In termini pratici, questa biodiversità invisibile rappresenta il motore

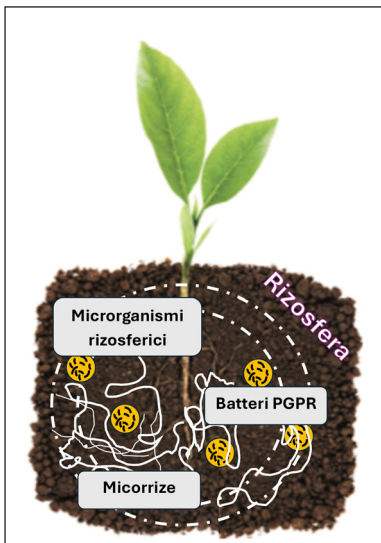


Figura 1: L'ambiente rizosferico in cui le radici delle piante vascolari interagiscono con diversi microrganismi tra cui micorrize e batteri PGPR.

biologico che alimenta la fertilità del terreno e la qualità delle piante che vi crescono.

Tale straordinaria complessità genera una fitta rete di interazioni che influenza direttamente la nutrizione, la crescita e il metabolismo delle piante. Il microbioma del suolo svolge infatti funzioni essenziali: facilita l'assorbimento di macro e micronutrienti, produce fitormoni e molecole segnale, modula le risposte allo stress e contribuisce alla difesa naturale della pianta contro patogeni e parassiti.

Un ruolo centrale è svolto dai funghi micorrizici, che instaurano relazioni simbiotiche con le radici, estendendo l'apparato radicale attraverso una rete di ife capaci di esplorare volumi di suolo molto più ampi rispetto alle sole radici (**Figura 2**). Questa simbiosi aumenta in modo significativo la disponibilità di fosforo, zinco e diversi micronutrienti, stimolando indirettamente le vie biosintetiche coinvolte nella produzione di flavonoidi, terpeni e altri composti bioattivi.

Accanto ai funghi, i batteri promotori della crescita vegetale (PGPR - Plant Growth Promoting Rhizobacteria) svolgono un ruolo chiave nella rizosfera, producendo fitormoni, acidi organici e altre molecole segnale. In altre parole, il suolo non si limita a nutrire la pianta, ma "dialoga" con essa, inducendola ad attivare risposte metaboliche più complesse e funzionali.

Negli ultimi anni è emerso inoltre che il microbioma del suolo è in grado di modulare la fisiologia delle piante anche attraverso meccanismi *epigenetici*. Alcuni metaboliti microbici sono capaci di influenzare l'espressione genica nelle radici, favorendo una maggiore produzione

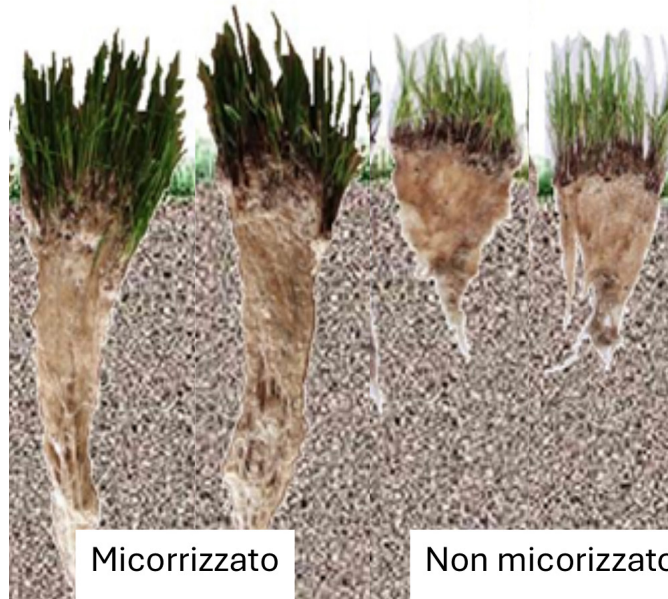


Figura 2. Radici di loietto (*Lolium perenne*) inoculate con micorrize (a sinistra) e non inoculate (a destra): si può osservare uno sviluppo quasi doppio del volume complessivo radicale in seguito alla micorrizzazione, che ha anche comportato un maggiore vigore della parte epigea delle piante.

Micorrizzato

Non micorrizzato



Essencia

NATURAL FRAGRANCE, SWISS DESIGN



100%
FRAGRANZE
NATURALI



OLI
ESSENZIALI
DI ALTA GAMMA



PROFUMI
CREATI
SU MISURA

Creazione di miscele e di fragranze innovative

Essencia - distribuito in Italia da Carlo Sessa SpA,
Via Venezia 39, 20099 Sesto San Giovanni (MI)
+39 02 240 20 51 - info@carlolessa.it - www.carlolessa.it



CARLO SESSA
PHARMA - FOOD & COSMECEUTICAL INGREDIENTS



Uno scorcio dell'Orto Botanico di Padova. Raccontare come “vive” il terreno da cui nasce una pianta significa raccontare una parte essenziale della sua efficacia, rafforzando la credibilità del prodotto finale.

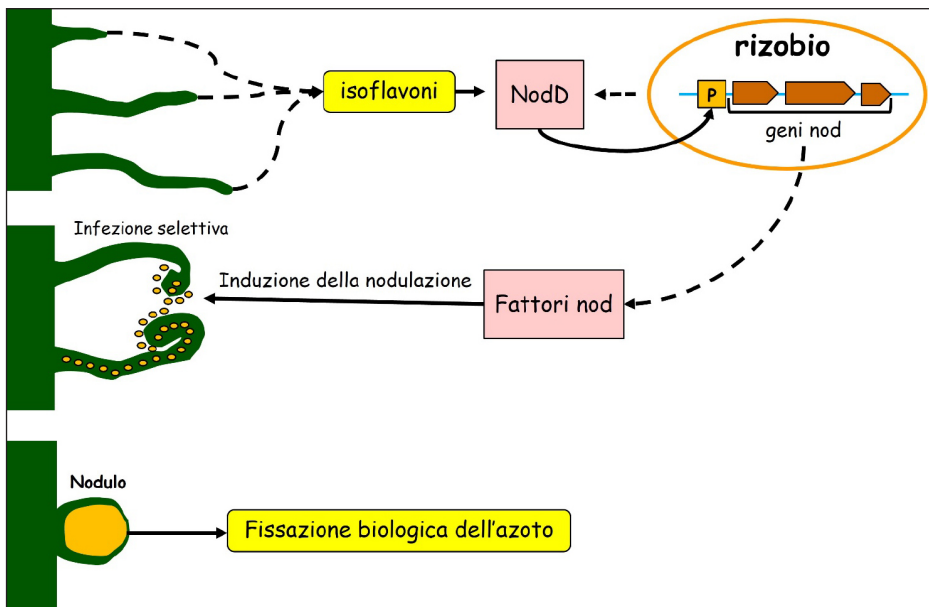


Figura 3. Simbiosi tra leguminose e batteri azotofissatori (rizobi). Il processo ha inizio con il riconoscimento reciproco tra l'apparato radicale della leguminosa e i batteri azotofissatori: i peli radicali rilasciano nella rizosfera isoflavoni che si legano ai fattori NodD prodotti dal rizobio. Questo complesso attiva nei batteri i geni Nod, i quali inducono nei peli radicali un processo di “infezione selettiva”: solo i rizobi vengono infatti ammessi all'interno dei tessuti radicali, dove si formeranno i noduli. È in questi ultimi che avrà luogo il processo di azotofissazione.

di composti fenolici e antiossidanti. Tra questi, i flavonoidi svolgono un ruolo chiave, non solo dal punto di vista nutraeutico e cosmetico, ma anche ecologico: nelle leguminose, ad esempio, agiscono come veri e propri mediatori chimici nella comunicazione con i batteri azotofissatori del genere *Rhizobium*, attivando i processi di nodulazione radicale (**Figura 3**). Questo dialogo molecolare dimostra come i metaboliti secondari non siano semplici “prodotti finali” del metabolismo vegetale, ma strumenti attivi di relazione con l'ecosistema. In tale prospettiva, il suolo può essere considerato un vero e proprio “bioreattore naturale”, capace di orientare in modo dinamico la costruzione del fitocomplesso.

Agricoltura biologica: il punto di partenza per la qualità delle piante officinali

L'agricoltura biologica costituisce il primo gradino verso la produzione di piante officinali di alta qualità. Eliminando l'uso di fertilizzanti e pesticidi di sintesi, il biologico permette di preservare la diversità microbica del suolo, evitando la distruzione delle reti miceliali e la contaminazione delle acque.

Numerosi studi comparativi hanno evidenziato come le colture biologiche presentino, in media, una maggiore attività antiossidante e un contenuto più elevato di polifenoli rispetto a quelle convenzionali. Inoltre le piante coltivate in biologico mostrano spesso una maggiore resilienza agli stress ambientali e sviluppano profili aromatici

più complessi, di particolare interesse per l'aromaterapia e la cosmetica naturale.

In piante officinali come rosmarino, lavanda, timo, origano ed echinacea si osserva frequentemente un aumento significativo della frazione terpenica quando la coltivazione avviene secondo metodi biologici, a conferma del legame tra condizioni ecologiche del terreno e qualità degli oli essenziali. Tuttavia, sebbene il biologico rappresenti una condizione necessaria per un suolo sano, non è sempre sufficiente per consentire alla pianta di esprimere appieno il proprio potenziale metabolico. È da questa consapevolezza che prende forma l'interesse verso modelli agricoli più avanzati, come quelli rigenerativi, in cui il suolo diventa protagonista attivo e non

semplice supporto del processo produttivo.

Agricoltura rigenerativa: coltivare ecosistemi, non solo piante

L'agricoltura rigenerativa si basa su un principio semplice ma rivoluzionario: il suolo non deve essere semplicemente mantenuto, ma migliorato nel tempo. A differenza di approcci puramente conservativi, la rigenerazione del suolo mira ad aumentare progressivamente la fertilità biologica, strutturale e funzionale del terreno, costruendo agroecosistemi più resilienti e capaci di affrontare le sfide del cambiamento climatico e della perdita di biodiversità.

Non si tratta di un esempio rigido di tecniche, ma di un approccio sistemico che integra

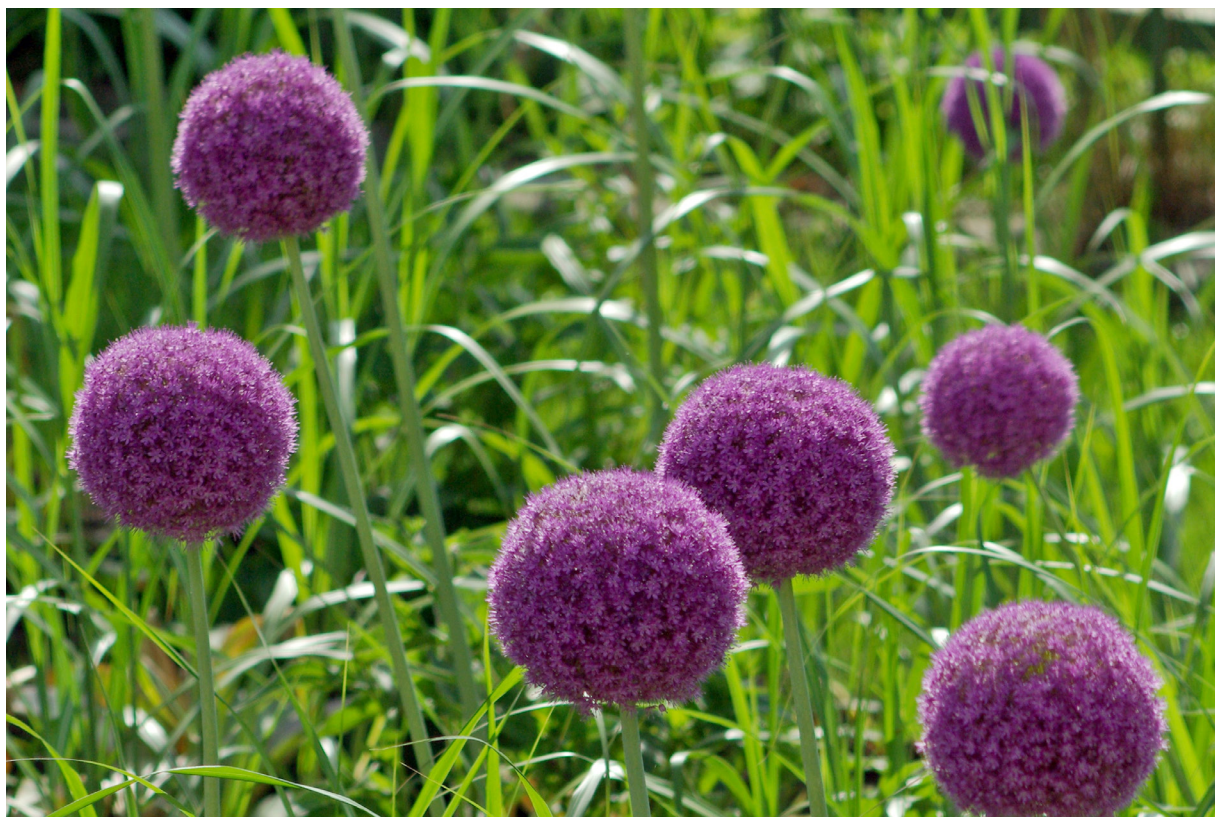


Foto di Babij

Fiori di *Allium sativum*.



Figura 4: Piante officinali come potenziali colture di copertura. In senso orario, partendo dall'alto a sinistra: timo (servizi ecosistemici: eccellente copertura del suolo, bassa richiesta idrica, attrazione di insetti benefici), menta (servizi ecosistemici: ottima copertura del suolo, effetto repellente verso diverse specie di insetti), calendula (servizi ecosistemici: azione di controllo dei nematodi), melissa (servizi ecosistemici: attrazione di impollinatori).

diverse pratiche agronomiche. L'uso delle colture di copertura (*cover crops*), ad esempio, contribuisce a proteggere il suolo dall'erosione, ad aumentare la sostanza organica e a stimolare la vita microbica. La presenza di radici vive durante tutto l'anno crea un ambiente favorevole allo sviluppo di funghi benefici e batteri specializzati. In questo contesto risulta particolarmente interessante l'impiego di specie officinali come colture di copertura, capaci di offrire servizi ecosistemici e, al tempo stesso, una potenziale valorizzazione economica (**Figura 4**). Consociazioni e rotazioni colturali complesse favoriscono la diversità radicale e riducono la pressione dei patogeni, migliorando la disponibilità di nutrienti e modulando il ciclo dell'azoto.

L'impiego di compost vivi e biofertilizzanti microbici, oltre a fornire nutrienti, introduce microrganismi benefici che interagiscono attivamente con la rizosfera, contribuendo alla costruzione di fitocomplessi più equilibrati. Allo stesso modo, la riduzione delle lavorazioni meccaniche (*no-till* e minima lavorazione) consente di preservare le reti miceliali e la struttura del suolo, migliorandone la capacità di trattenere acqua e carbonio. Infine, la presenza di insetti utili e di una biodiversità spontanea ben gestita aumenta la resilienza complessiva dell'agroecosistema, riducendo la necessità di interventi esterni.

Siepi, fioriture spontanee e microhabitat naturali favoriscono impollinatori e antagonisti naturali dei parassiti, completando

un sistema agricolo più stabile e funzionale.

Merita sottolineare che i fondatori storici dell'agricoltura biologica, Rudolf Steiner e Albert Howard, avessero già intuito l'importanza di considerare il suolo come organismo vivente. Le loro intuizioni, oggi supportate da solide evidenze scientifiche, possono essere considerate a pieno titolo come anticipazioni dei principi base della moderna agricoltura rigenerativa.

Le principali differenze tra i modelli agricoli e i loro effetti sulla funzionalità del suolo e sulla qualità delle piante officinali sono riassunte in **Tabella 1**.

Elicitazione naturale e fitocomplessi potenziati

La maggiore ricchezza fitochi-

mica osservata nelle piante coltivate in sistemi biologici e rigenerativi è strettamente legata al fenomeno dell'*elicitazione naturale*. I segnali molecolari provenienti dal suolo e dalla comunità microbica della rizosfera stimolano l'attivazione di specifiche vie del metabolismo secondario, portando a un incremento della produzione di molecole segnale coinvolte nei meccanismi di adattamento e protezione della pianta nei confronti degli stress ambientali. Numerosi studi hanno documentato incrementi significativi di flavonoidi, acidi fenolici, terpeni e carotenoidi in piante coltivate in ambienti biologicamente attivi. Accanto

a queste classi più note, assume particolare rilievo la maggiore presenza di metaboliti cosiddetti "minori", spesso presenti in tracce, ma determinanti per l'attività sinergica e l'equilibrio complessivo del fitocomplesso. È su queste basi che prende forma il concetto di *fitocomplesso potenziato*: non come semplice incremento quantitativo di principi attivi, ma come risultato di una composizione più equilibrata e funzionale, capace di esprimere un'efficacia biologica coerente con la fisiologia della pianta.

Questo modo di intendere il fitocomplesso trova riscontro lungo l'intera filiera produttiva,

a partire dalla qualità del suolo. Le pratiche agricole che favoriscono un suolo biologicamente attivo si traducono infatti in estratti più complessi, nei quali la sinergia tra le diverse molecole risulta più stabile nel tempo. La qualità del prodotto finale, quindi, riflette in larga misura la qualità del sistema agricolo che ha sostenuto la pianta durante il suo sviluppo, prima ancora delle tecniche di trasformazione.

La qualità come processo: variabilità biologica e responsabilità della filiera

Quando si parla di qualità delle piante officinali in relazione al suolo e alle pratiche agrico-

The diagram features the GIZAMI logo in the center, surrounded by six colored boxes representing different product categories: FARMACEUTICA (blue), COSMETICA (pink), ERBORISTERIA (teal), BOTTIGLIE ALIMENTARI (light green), CASALINGHI (orange), and VASI-ALIMENTARI (red). Each box contains a white icon representing the category. The central text reads: "Tu pensi al CONTENUTO... Noi pensiamo al CONTENITORE!".

GIZAMI

**Tu pensi al CONTENUTO...
Noi pensiamo al CONTENITORE!**

FARMACEUTICA

COSMETICA

ERBORISTERIA

BOTTIGLIE ALIMENTARI

CASALINGHI

VASI-ALIMENTARI

LABORATORIO

Tel. 02 38100327 cell. 351 5416335
E-mail: info@gizami.it www.gizami.it

Via Newton, 11
20016 Pero Sud (MI) - Zona industriale

le, è necessario evitare letture semplificate o aspettative automatiche. La qualità va intesa come un processo, influenzato da una pluralità di fattori biologici, ambientali e gestionali. È quindi importante sottolineare che l'aumento della qualità fitochimica osservato nei sistemi biologici e rigenerativi non è un effetto uniforme né garantito, ma dipende dalla risposta metabolica delle piante a condizioni specifiche. Specie e chemiotipo, caratteristiche pedoclimatiche, andamento stagionale, gestione idrica, momento della raccolta e modalità di post-raccolta concorrono a determinare il profilo finale del fitocomplesso. Anche in presenza di suoli biologicamente attivi, quest'ultimo resta il risultato di un equilibrio dinamico, soggetto a una fisiologica variabilità naturale. Proprio per questo, parlare di qualità legata al suolo non significa semplificare, ma assumersi responsabilità di filiera più consapevole. La valorizzazione di pratiche agricole virtuose richiede competenze agronomiche, tracciabilità e coerenza lungo tutte le fasi produttive. In

questo contesto, la rigenerazione del suolo non offre scorciatoie, ma strumenti per costruire nel tempo materie prime più affidabili, mostrando come la qualità non derivi da un singolo intervento, ma dalla continuità delle scelte.

La biografia del suolo: un nuovo parametro di qualità

Negli ultimi anni il concetto di *soil story*, o "biografia del suolo", sta entrando nel linguaggio di chi si occupa di piante officinali.

Con questa espressione si fa riferimento all'insieme delle caratteristiche biologiche, chimiche ed ecologiche che definiscono il terreno da cui provengono le materie prime botaniche. Non si tratta solo di un elenco di parametri agronomici, ma di una vera e propria memoria ecologica che influenza la qualità funzionale delle piante. Attività microbica, contenuto di sostanza organica, integrità delle reti miceliali e capacità del suolo di trattenere acqua e nutrienti contribuiscono a definire il potenziale metabolico della pianta. Da questo punto di vista,

la qualità di un estratto vegetale non è più separabile dalla qualità dell'ecosistema che lo ha generato.

Nel prossimo futuro, la valutazione delle piante officinali potrebbe includere indicatori legati allo stato ecologico del suolo, affiancando i criteri oggi utilizzati e rafforzando la trasparenza lungo la filiera. La biografia del suolo diventa così una chiave di lettura utile per interpretare il valore funzionale di una pianta officinale.

Cosa cambia per chi utilizza le piante officinali

Per chi lavora quotidianamente con le piante officinali, in erboristeria, fitoterapia, nutraceutica o cosmetica naturale, il passaggio verso modelli agricoli biologici e rigenerativi introduce un cambiamento sostanziale nel modo di valutare la qualità della materia prima.

Non è più sufficiente conoscere la specie botanica o il titolo in principi attivi, ma diventa sempre più importante comprendere il contesto ecologico in cui la pianta è stata coltivata.

Un suolo biologicamente attivo

Indicatore	Agricoltura Convenzionale	Agricoltura Biologica Rigenerativa
Biodiversità	■ Bassa – uso di pesticidi, fertilizzanti sintetici e monoculture riduce fauna del suolo, insetti utili e diversità microbica.	■ Alta – niente pesticidi di sintesi, rotazioni colturali, maggior presenza di insetti utili e microbi del terreno.
Contenuto di polifenoli nelle piante	■ Inferiore – minore attivazione delle vie di difesa della pianta; minor stress fisiologico → minor accumulo di polifenoli.	■ Superiore – maggiore attività metabolica, stress "positivo" e stimolazione naturale → più flavonoidi, acidi fenolici, antiossidanti.
Vitalità del suolo	■ Ridotta – impoverimento della sostanza organica, minor humus, minore attività microbiologica; struttura spesso degradata.	■ Elevata – alto contenuto di sostanza organica, maggiore attività enzimatica e microbica; suolo più fertile e resiliente.

Tabella 1: Comparazione tra agricoltura convenzionale e agricoltura biologica-rigenerativa per diversi indicatori.

tende infatti a generare piante con fitocomplessi più articolati, nei quali la sinergia tra le molecole contribuisce all'efficacia complessiva dell'estratto. Questo si traduce, nella pratica, in prodotti spesso più stabili, meglio tollerati e con un'azione più armonica, qualità particolarmente apprezzate sia in fitoterapia sia nella formulazione cosmetica.

Cambia anche il rapporto con la filiera: la tracciabilità non riguarda più solo l'origine geografica, ma anche la "storia del suolo" da cui proviene la pianta. Per l'operatore della filiera erboristica, ciò significa poter valorizzare materie prime coltivate in siste-

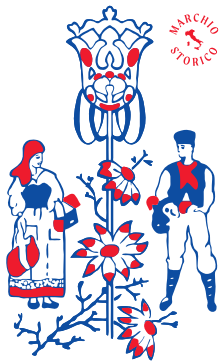
mi che rispettano e mantengono l'equilibrio degli ecosistemi, offrendo al consumatore finale non solo un prodotto, ma una garanzia di coerenza tra efficacia, sostenibilità e qualità.

Questo approccio invita a ripensare il concetto stesso di qualità erboristica: meno legato al singolo principio attivo e più attento all'equilibrio complessivo del fitocomplesso, come espressione diretta di un suolo vivo e funzionale. L'attenzione al sistema suolo, quindi, non è un dettaglio tecnico, ma una scelta di fondo che attraversa l'intera filiera e orienta il modo stesso di intendere la qualità.

Conclusioni

La ricerca fitochimica contemporanea indica con sempre maggiore chiarezza che la qualità di una pianta officinale non è separabile dalla qualità del sistema che la genera. Il suolo, a lungo considerato un semplice supporto agronomico, si rivela invece una matrice biologica attiva, in grado di incidere in modo sostanziale sul metabolismo vegetale e sulla costruzione del fitocomplesso.

L'agricoltura biologica rappresenta un passaggio necessario per superare un modello produttivo orientato perlopiù a massimizzare la resa per unità di superficie, ma è con l'approccio



A. MINARDI & FIGLI
S.R.L.



Via Boncellino 32 - 48012 Bagnacavallo (Ra)

*90 anni di esperienza
nella lavorazione e nel commercio all'ingrosso
delle piante officinali*

Tel. (0545) 61460 – Fax (0545) 60686 – <http://www.minardierbe.it> – e-mail: info@minardierbe.it



Lolium perenne. Radici di loietto inoculate con micorrize e non inoculate hanno manifestato livelli diversi del volume complessivo radicale in seguito alla micorrizzazione, che ha anche comportato un maggiore vigore della parte epigea delle piante.

rigenerativo che il suolo torna a svolgere un ruolo centrale nel processo produttivo. Non solo come risorsa da tutelare, ma come ecosistema da accompagnare nella sua evoluzione, in cui biodiversità, struttura e funzioni biologiche diventano elementi concreti della qualità finale. Forse la vera novità, oggi, non sta nell'aggiungere qualcosa al prodotto finale, ma nel riconoscere ciò che avviene a monte, nel suolo. È lì che si costruisce una qualità meno evidente ma solida e riconoscibile, destinata a riflettersi lungo tutte le fasi successive della filiera.

* **UNIVERSITÀ DI BOLOGNA, Professore Ordinario e Direttore Dipartimento di Scienze e Tecnologie Agro-alimentari**
 ** **UNIVERSITÀ DI BOLOGNA, Professore Associato Dipartimento di Scienze e Tecnologie Agro-alimentari**

Riferimenti bibliografici

- Bender S.F., Wagg C., van der Heijden M.G.A. (2016). *An underground revolution: biodiversity and soil ecological engineering for agricultural sustainability*. Trends in Ecology & Evolution, 31(6), 440-452.
- Lehmann J., Bossio D.A., Kögel-Knabner I., Rillig M.C. (2020). *The concept and future prospects of soil health*. Nature Reviews Earth & Environment, 1, 544-553.
- Trivedi P., Leach J.E., Tringe S.G., Singh B.K. (2020). *Plant-microbiome interactions: from community assembly to plant health*. Nature Reviews Microbiology, 18, 607-621.
- Erb M., Kliebenstein D.J. (2020). *Plant secondary metabolites as defenses, regulators, and signals*. The Plant Cell, 32(3), 556-570.
- Weston L.A., Mathesius U. (2013). *Flavonoids: their structure, biosynthesis and role in the rhizosphere*. Journal of Chemical Ecology, 39, 283-297.
- Broughton W.J., Zhang F., Perret X., Stachelin C. (2003). *Signals exchanged between legumes and Rhizobium: agricultural uses and perspectives*. Plant and Soil, 252, 129-137.
- Reganold J.P., Wachter J.M. (2016). *Organic agriculture in the twenty-first century*. Nature Plants, 2, 15221.

- Maggio A., De Pascale S., Paradiso R., Barbieri G. (2013). *Quality and nutritional value of vegetables from organic and conventional farming*. SCIENTIA HORTICULTURAE 164: 532-539.
- Guru, A. Dwivedi P., Kaur P., Pandey D.K. (2022). *Exploring the role of elicitors in enhancing medicinal values of plants under in vitro condition*, South African Journal of Botany, 149: 1029-1043.
- Howard A. (1940). *An Agricultural Testament*. London: Oxford University Press, 253 pages
- Paull J. *Translations of Rudolf Steiner's Agriculture Course (Koberwitz, 1924): The Seminal Text of Biodynamic Farming and Organic Agriculture. International Journal of Environmental Planning and Management*, 2020, 6, pp.94 - 97. fahal-02994094f