



Italian National Agency for New Technologies,
Energy and Sustainable Economic Development

Salute del suolo per la qualità degli alimenti

Annamaria Bevivino

Responsabile Laboratorio «Sostenibilità, Qualità, Sicurezza delle Produzioni AgroAlimentari»

ENEA, Divisione Biotecnologie e Agroindustria

Salute del suolo e sostenibilità: la parola agli stakeholders, Roma 22 Aprile 2024

A horizontal row of various white icons on a dark blue background, including a globe, a recycling symbol, a gear, a lightbulb, a microscope, a laptop, a flask, and a network diagram.

SUOLI SANI PER UN CIBO SANO

- La vita sulla Terra dipende dalle buone condizioni di salute del suolo
- Il suolo è un sistema biologico complesso e dinamico, essenziale per il mantenimento della biodiversità sopra suolo e sotto suolo
- Fornisce i nutrienti essenziali per le piante e influisce sulla salute delle colture e sulla loro resistenza alle malattie e ai parassiti.
- Senza terreni sani, la produttività agricola diminuirebbe, mettendo a rischio l'approvvigionamento alimentare
- **Il 95% della produzione alimentare globale fa infatti affidamento ai terreni.**



Proteggere il suolo e nutrire il pianeta

Fornire cibo per una popolazione crescente conservando le risorse del pianeta

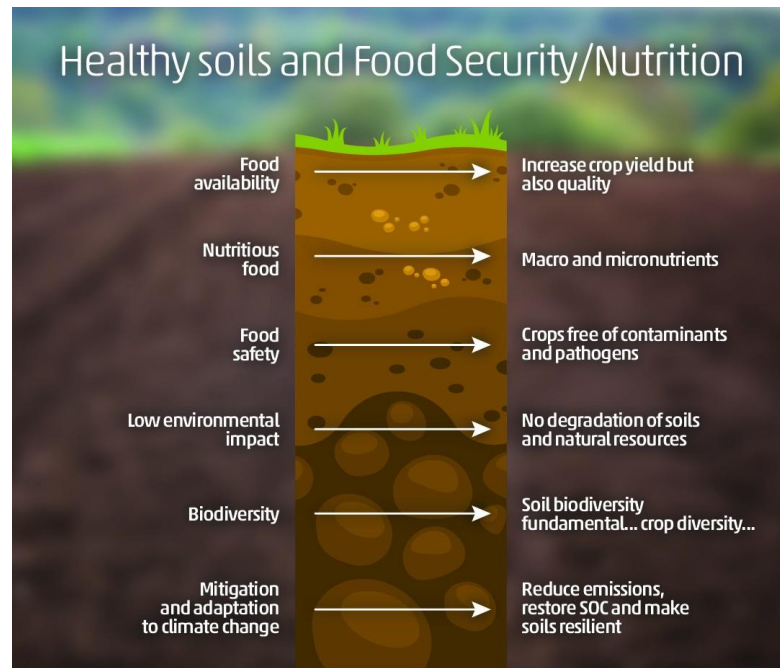
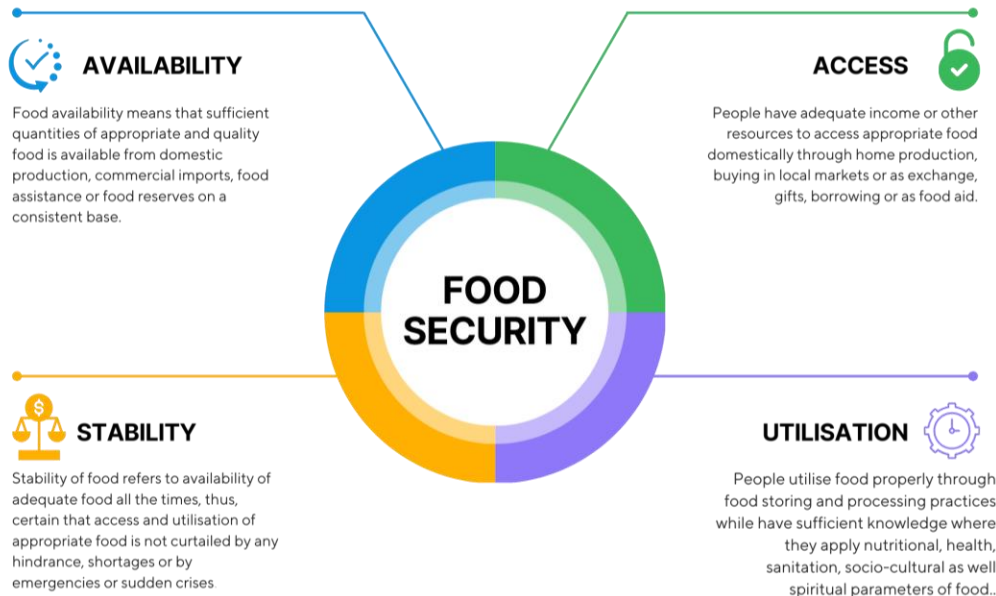


- soddisfare la domanda della crescente popolazione mondiale
- produrre di più e meglio con meno risorse
- ridurre gli sprechi
- favorire una distribuzione più equa del cibo



La salute del suolo è cruciale per la produzione alimentare

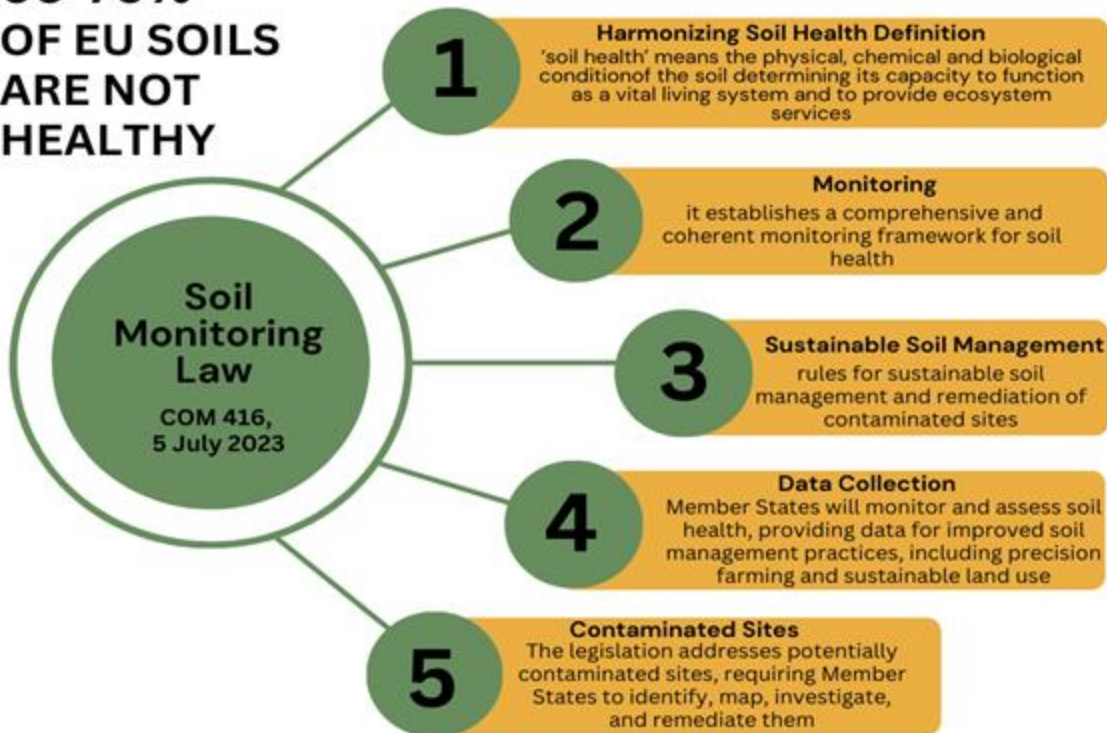
I servizi del suolo sono essenziali per fornire prodotti alimentari attraverso l'agricoltura, l'energia e le materie prime, il sequestro del carbonio, la depurazione dell'acqua, la regolazione delle sostanze nutritive, la tutela della biodiversità e il controllo degli organismi nocivi.





Soil Monitoring Law (2023)

**60-70%
OF EU SOILS
ARE NOT
HEALTHY**



Si stima che circa il 60-70% dei suoli europei si trovi in uno stato malsano a causa di problemi quali l'espansione urbana, i bassi tassi di riciclaggio dei terreni, l'intensificazione dell'agricoltura e il cambiamento climatico. Secondo la Commissione europea, il degrado dei suoli è uno dei principali motori della crisi climatica e della biodiversità e riduce la fornitura di servizi ecosistemici chiave che costano all'UE almeno 50 miliardi di euro all'anno.

Policy documents
s GAP
Analysis





Soil Monitoring Law (2023) – Link between data and policy

Soil microbial diversity represents a crucial indicator of soil health. It aids in **identifying changes in soil conditions, either degradation or improvement, which ultimately affect agricultural productivity and food supply.**



Loss of soil biodiversity	Soil basal respiration ($\text{mm}^3 \text{O}_2 \text{g}^{-1} \text{hr}^{-1}$) in dry soil
Annex	Member States may also select other <u>optional soil descriptors for biodiversity</u> such as:
	<ul style="list-style-type: none">- metabarcoding of bacteria, fungi, protists and animals;- abundance and diversity of nematodes;- microbial biomass;- abundance and diversity of earthworms (in cropland);- invasive alien species and plant pests



LUCAS (Land Use and Coverage Area frame Survey)

on soil biodiversity across Europe

(cited in the Soil Monitoring Law Annex)

(<https://bsssjournals.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/ejss.13299>) has highlighted the importance of considering both taxonomic and functional diversity in assessing soil health.

Understanding soil biodiversity is crucial for maintaining ecosystem services like food production and climate regulation.



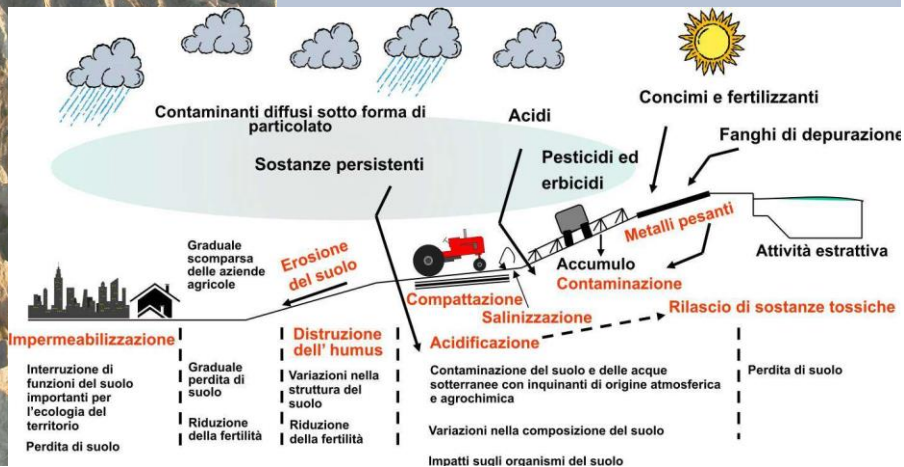
Policy document
s GAP
Analysis



Il suolo: come preservarlo e tutelararlo?

LA DEGRADAZIONE DEL SUOLO

Le funzioni possono del suolo essere seriamente compromesse da una serie di fenomeni, derivanti in gran parte dalle azioni antropiche, sino a giungere all'ultimo stadio della degradazione (desertificazione)



- Il suolo, che sia un'attività di coltivazione o di allevamento, è direttamente coinvolto nella produzione di cibo.
- La salute del suolo: ruolo essenziale nella capacità delle piante di produrre cibo
- L'intensificazione agricola: scarsa efficienza nell'uso dei nutrienti, aumento delle emissioni di gas serra, eutrofizzazione delle acque sotterranee, degrado della qualità del suolo, erosione del suolo.

Un suolo sano per una vita sana



- La sfida è valorizzare la biodiversità microbica del suolo per aiutare la transizione agroecologica dell'agricoltura verso sistemi che salvaguardano il suolo e fornire diete sane e sostenibili in grado di conciliare i bisogni umani con la salute del Pianeta (obiettivo della Mission Soil Health Food”).

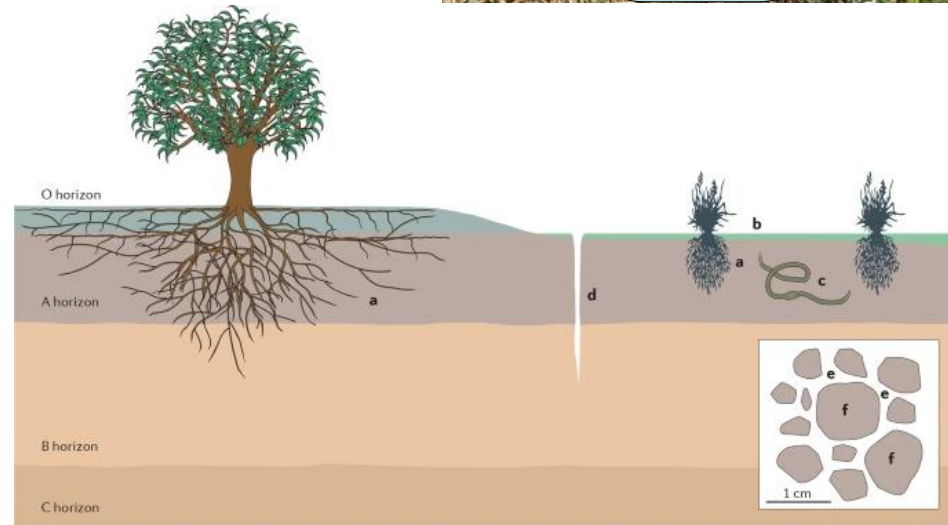
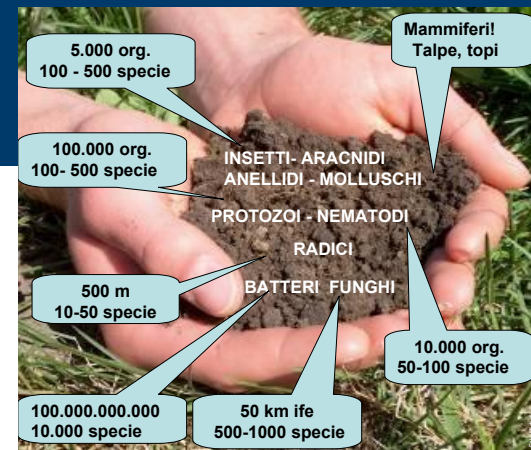
Il suolo: una terra piena di vita

Il suolo nasconde un numero straordinario di forme di vita, un'intricata rete di interazioni che coinvolge un'enorme quantità di biomassa vivente.

In pochi grammi di suolo fertile sono presenti miliardi di organismi viventi: ife fungine, protozoi, nematodi, insetti, aracnidi, vermi e centinaia di metri di radici di piante.

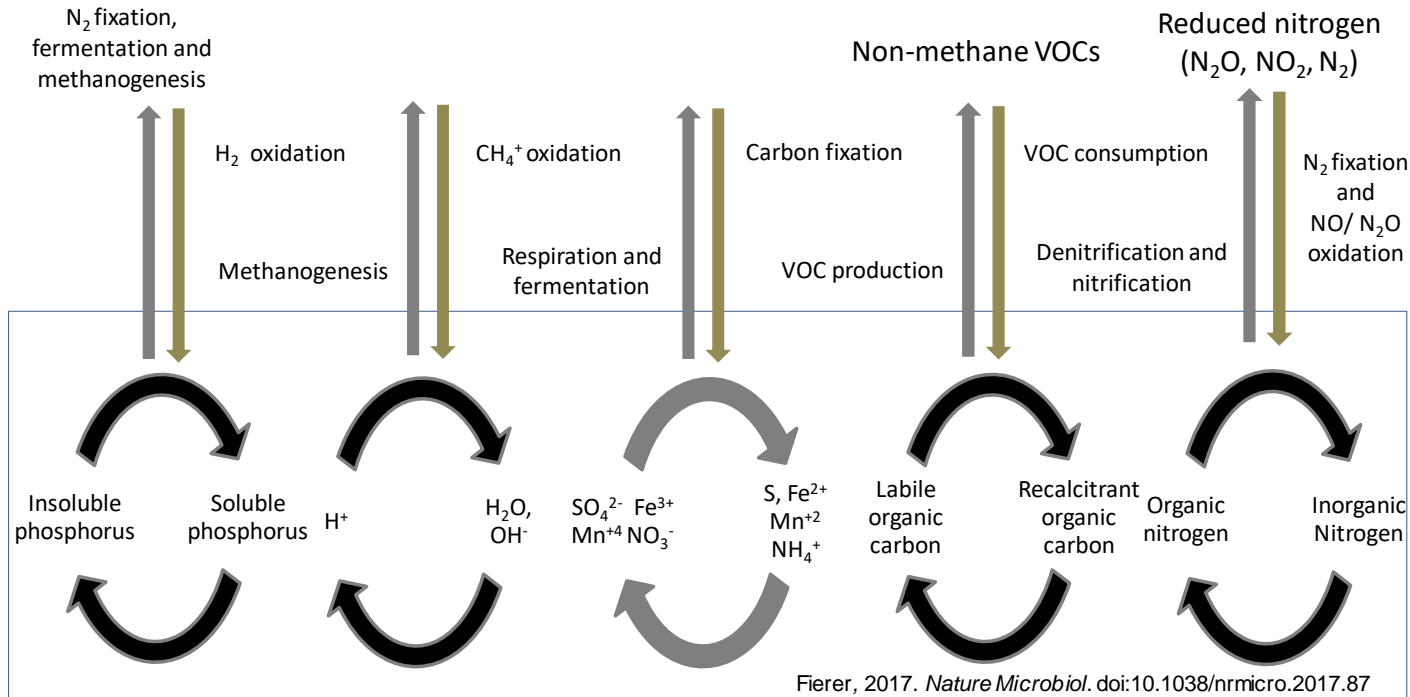
Il suolo contiene più di 1000 Kg di biomassa microbica per ettaro, un'importanti riserva di biodiversità.

Comprende un'ampia gamma di diversi habitat microbici: uno stesso blocco di suolo contiene habitat molto differenti (lo strato superficiale e, sotto, lo strato denso e quello poroso), ciascuno dei quali ospita organismi diversi.

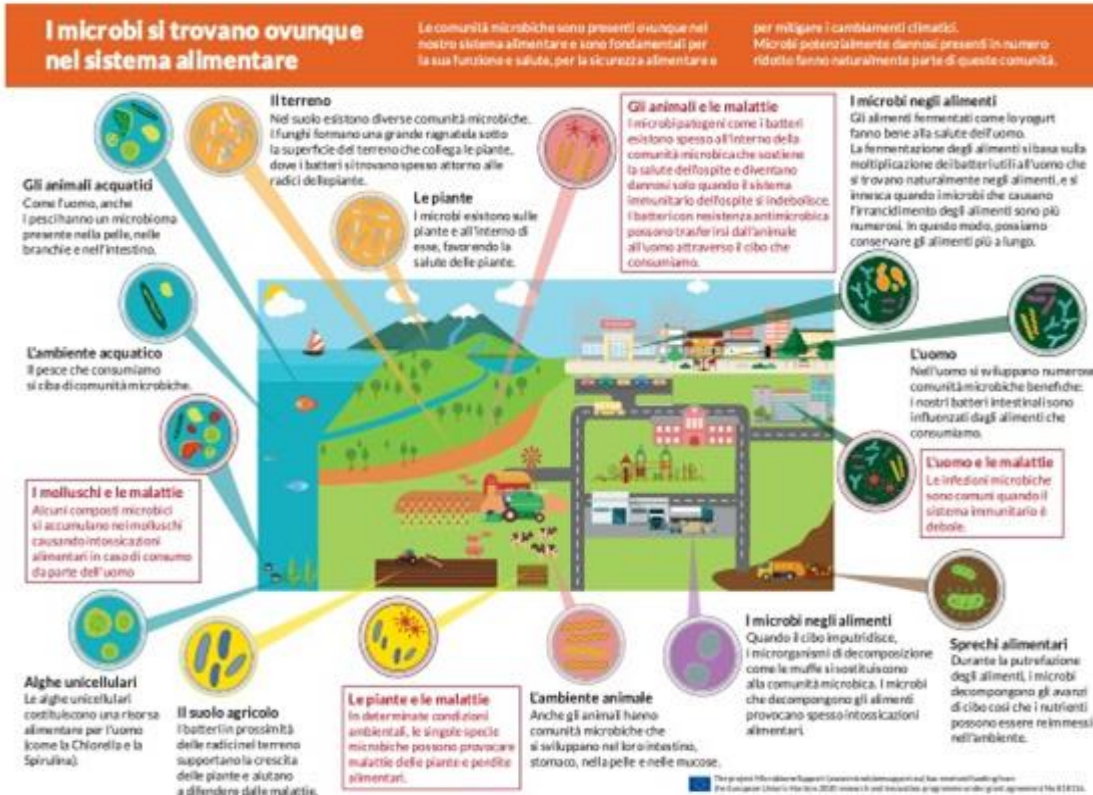


Il ruolo dei microrganismi del suolo

I microrganismi del suolo sono vitali per la vita e la salute degli uomini e delle piante e operano nel suolo una rete di trasformazioni dalle quali dipende il funzionamento dell'intero ecosistema.



La nuova frontiera dell'agricoltura basata sul microbioma



- I microrganismi sono presenti ovunque
- Sono essenziali per la salute delle piante, degli animali, dell'uomo e dell'ambiente
- Impatto in termini di produttività delle colture, qualità e sicurezza degli alimenti

Il nuovo concetto di microbioma

Berg et al. *Microbiome* (2020) 8:103
<https://doi.org/10.1186/s40168-020-00875-0>

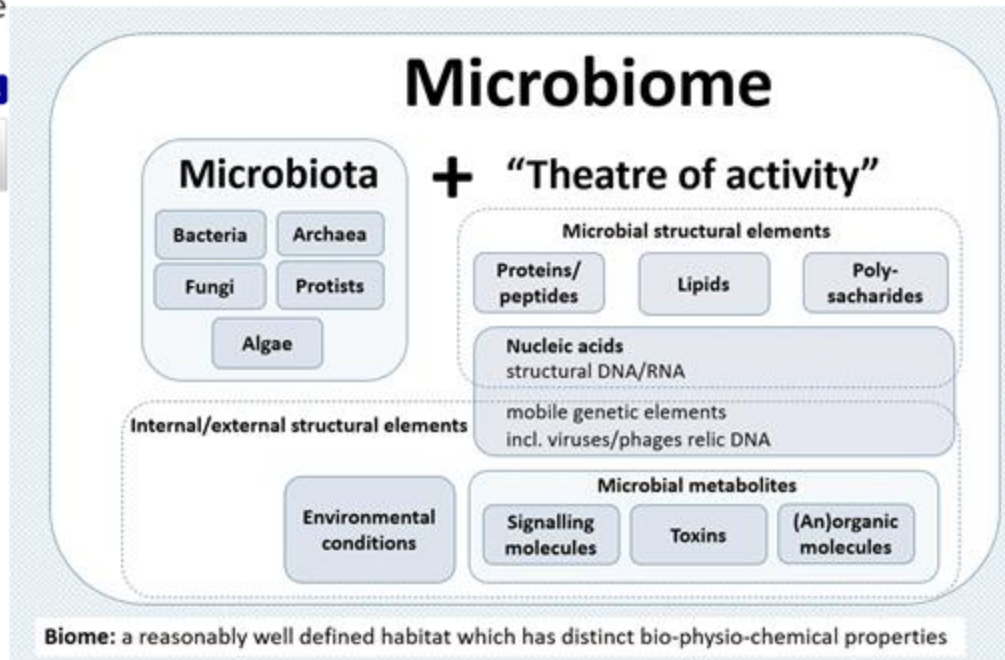
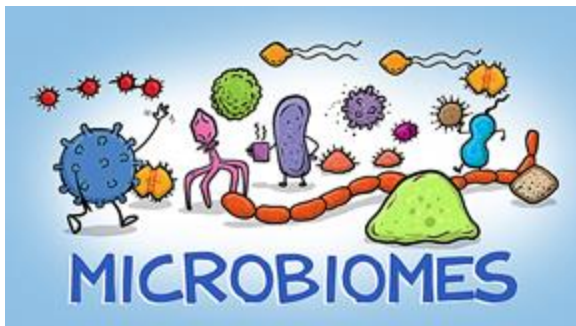
Microbiome

COMMENTARY

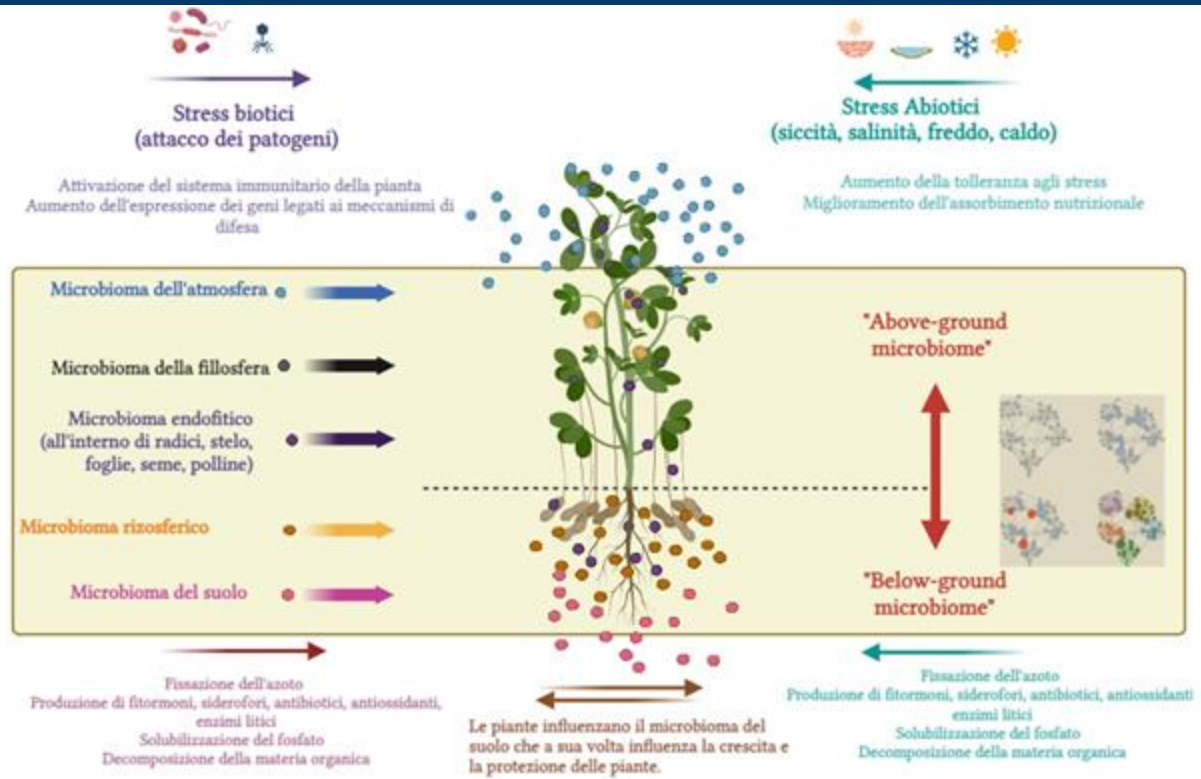
Open Access

Microbiome definition re-visited: old concepts and new challenges

Berg, G., Rybakova, D., Fischer, D. et al. *Microbiome* 8, 103 (2020).



Dal microbioma del suolo al microbioma delle piante: funzioni

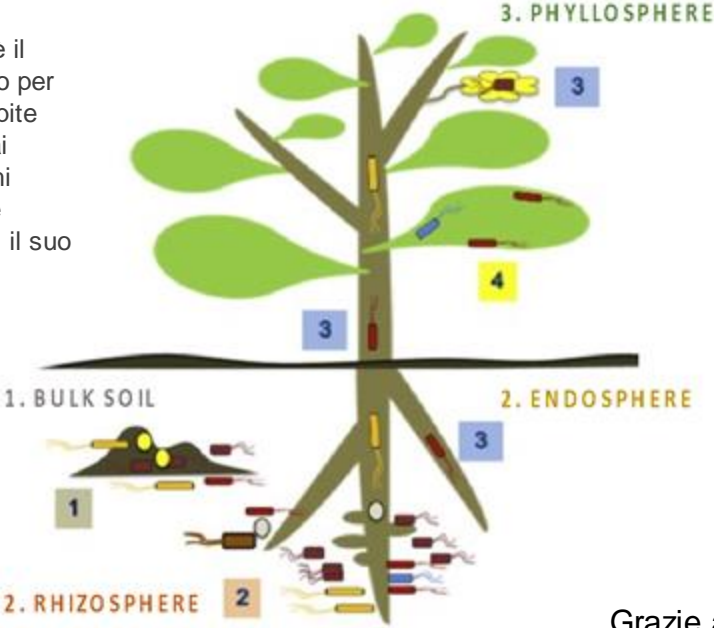


Bevino, Costanzo, Iannetta (2023) Il microbioma per un'agricoltura sostenibile: dal Nuovo concetto di Microbioma al concetto di Olobionte. In: Microbioma, One health, dal suolo al benessere dell'uomo. EDAGRICOLE (Sellito Ed.)

Piante e microbioma: l'olobionte e l'approccio olistico

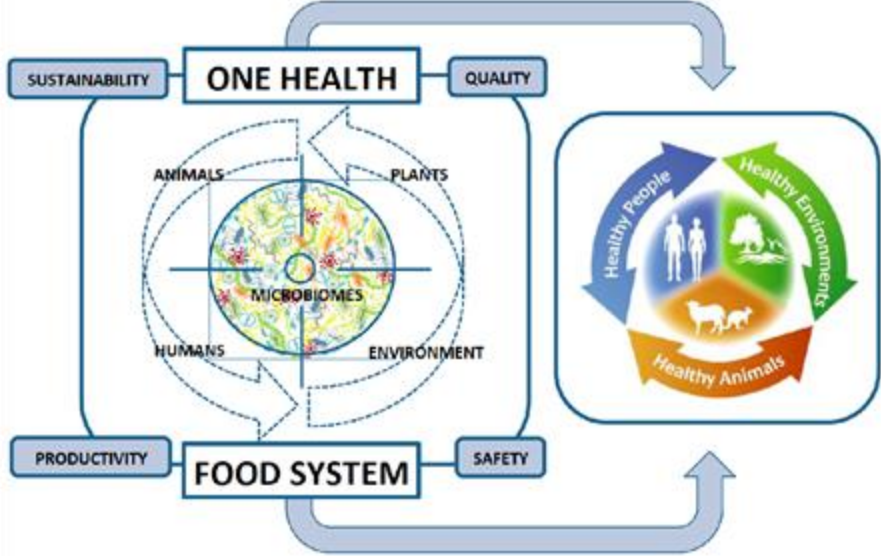
Il concetto di olobionte

L'olobionte è il termine usato per riferirsi all'ospite unitamente ai microrganismi associati che compongono il suo microbioma



Orozco-Mosqueda et al. Microbiol Res. 2018;208:25-31

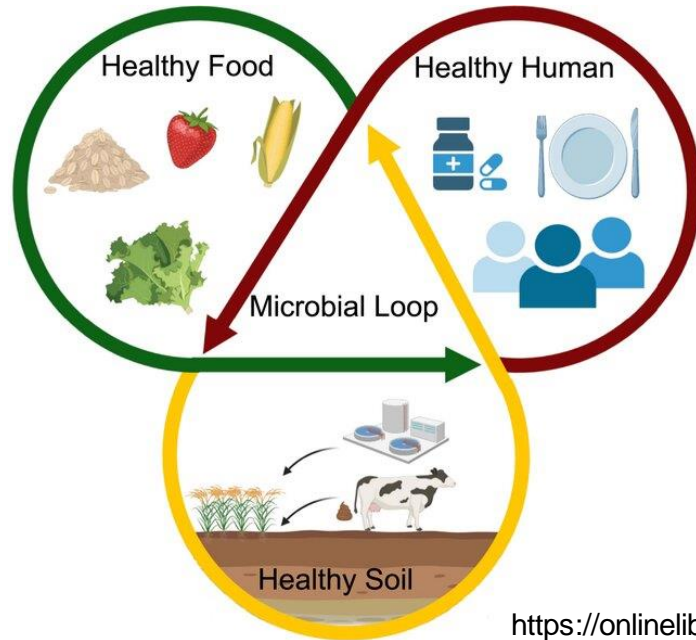
Il concetto di One Health



Grazie al loro sorprendente potenziale metabolico, i microbiomi hanno un ruolo chiave nella salute umana, vegetale, animale e planetaria, e occupano una posizione centrale nel quadro "One Health", contribuendo a una nuova prospettiva integrata della salute degli organismi viventi.

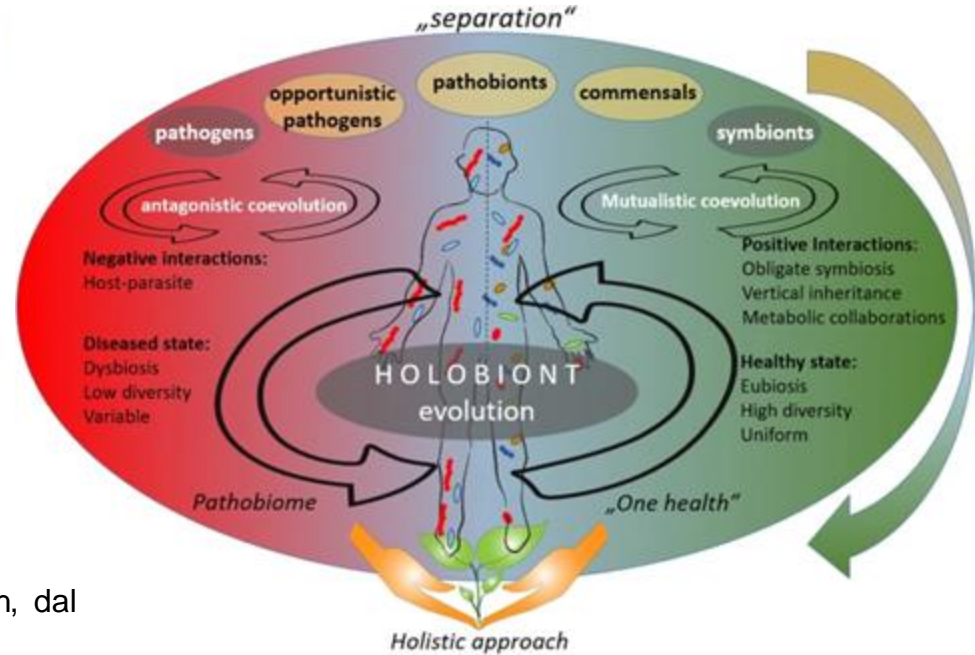
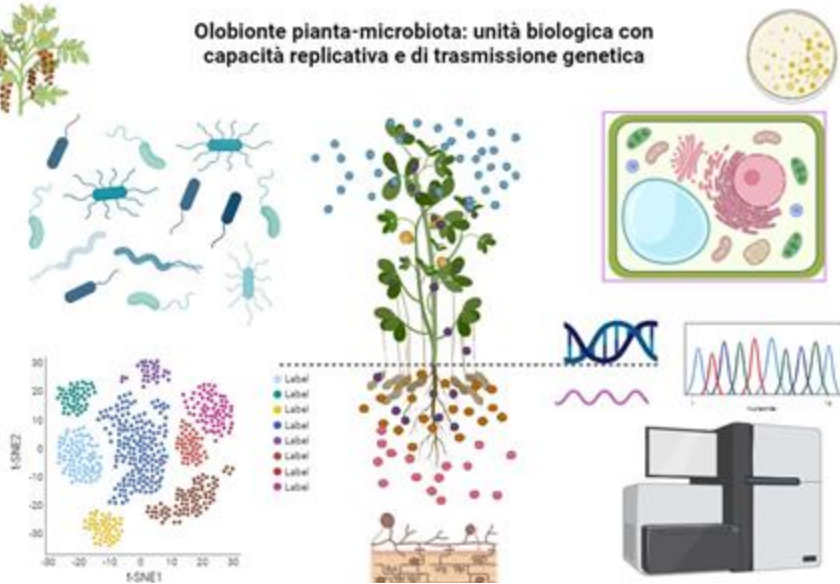
Relazioni tra suolo, cibo e salute umana

I microbiomi del suolo, la salute umana e la sicurezza alimentare sono collegati da un ciclo microbico. Le piante fissano il carbonio atmosferico e sono la principale fonte di cibo/energia per l'uomo, con un impatto diretto sulla sicurezza alimentare e nutrizionale. L'acquisizione dei nutrienti da parte delle piante e la resistenza alle malattie sono regolate dal microbioma del suolo. Inoltre, le pratiche agronomiche possono avere un impatto sul microbioma del suolo e, in ultima analisi, avranno un impatto sulla salute umana attraverso gli alimenti vegetali.



Piante e microbioma: l'olobionte e l'approccio olistico

Olobionte pianta-microbiota: unità biologica con capacità replicativa e di trasmissione genetica



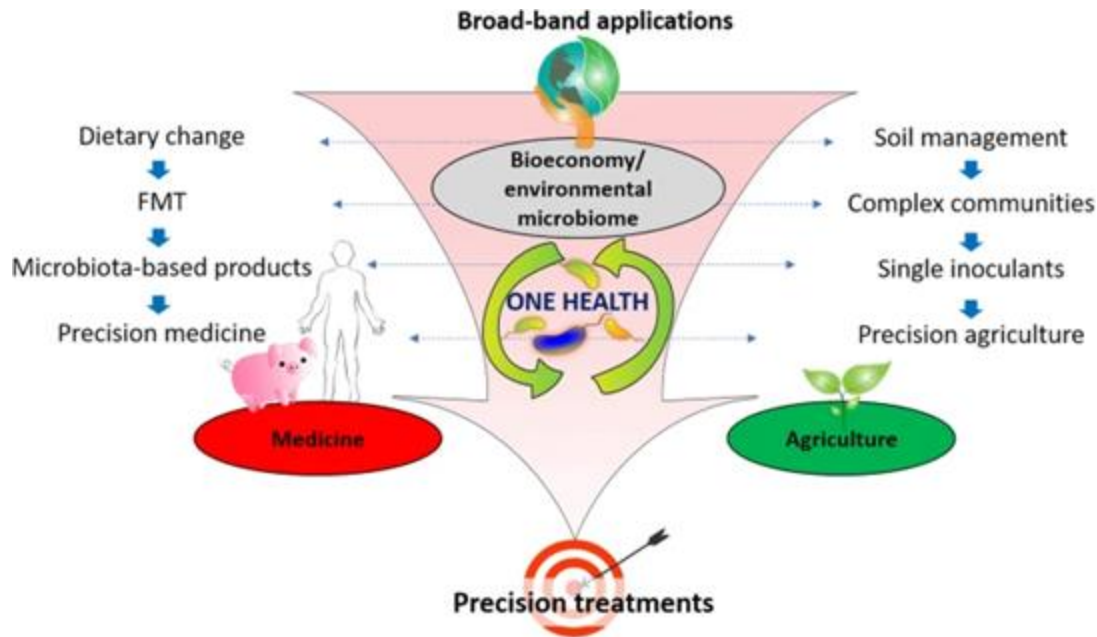
Bevino, Costanzo, Iannetta (2023) In: Microbioma, One health, dal suolo al benessere dell'uomo. EDAGRICOLE (Sellito Ed.)

La pianta è un olobionte ed il suo genoma è definito "ologenoma", ovvero l'insieme del genoma dell'organismo ospite e del genoma dei microrganismi che lo abitano.

L'ologenoma rappresenta un unico bersaglio della selezione naturale, e in quanto tale evolve come un unico individuo.

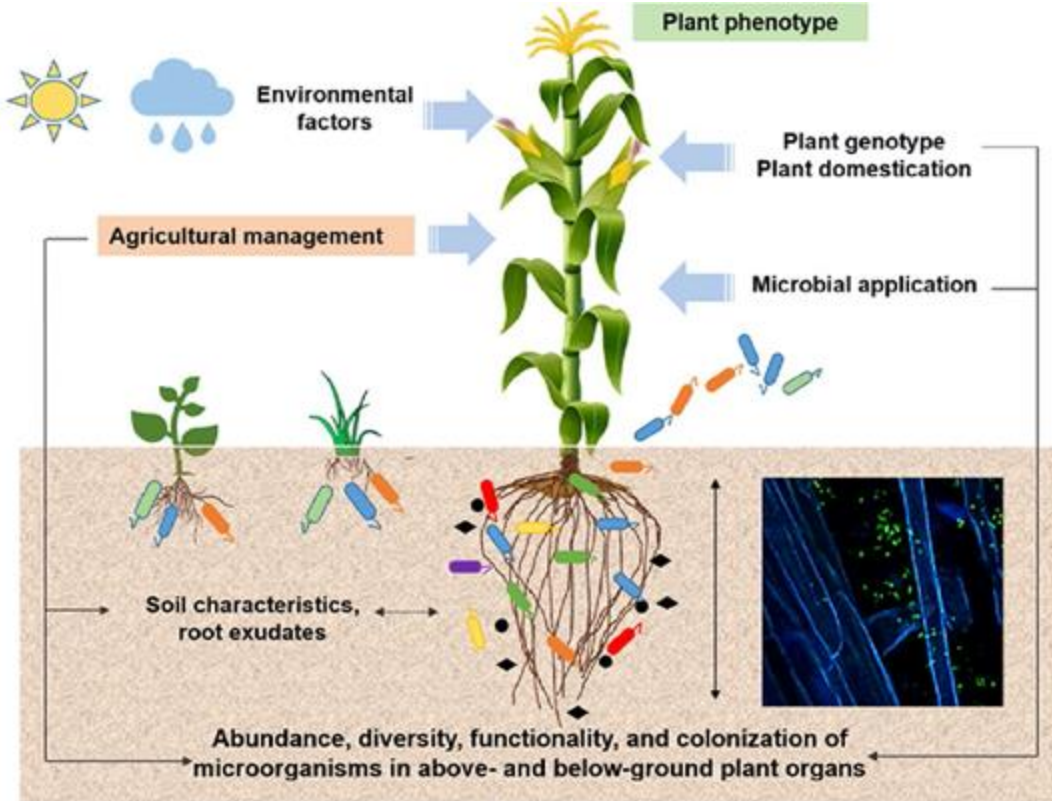
Applicazione di microrganismi benefici per un'agricoltura sostenibile: passato, presente e futuro

L'uso di terapie basate sul microbioma rappresenta uno strumento promettente che può rispondere alle sfide della medicina traslazionale



L'uso di microbi benefici rappresenta uno strumento promettente che può rispondere alle sfide dell'agricoltura moderna

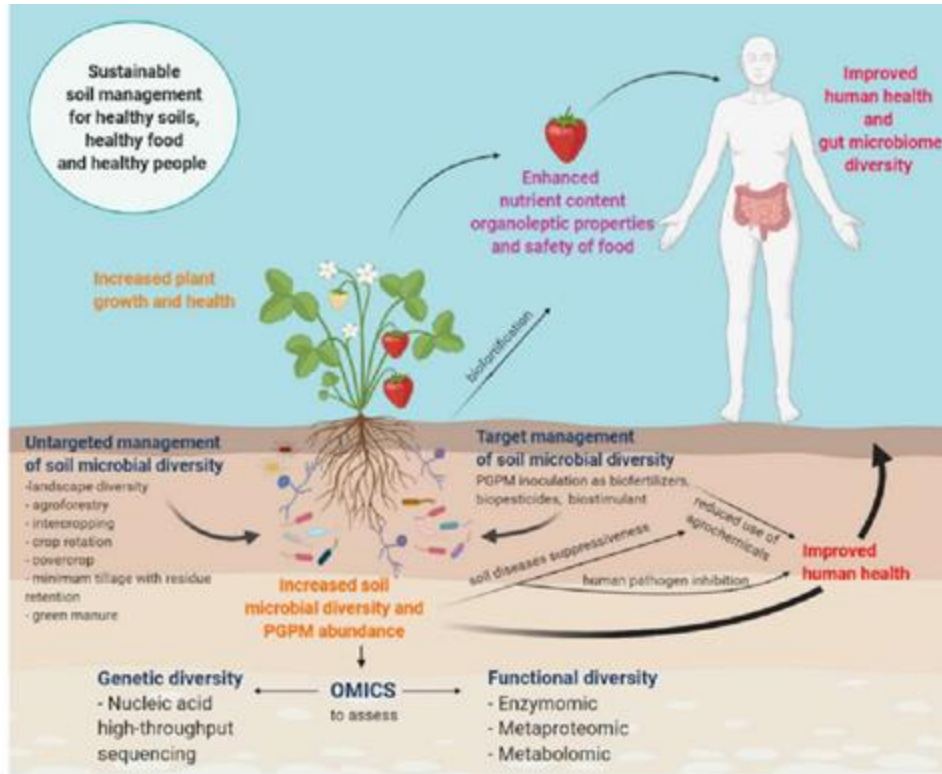
Il microbioma al servizio delle produzioni agricole



Conoscere la diversità e la funzione del **microbioma suolo-radice** per scoprire nuovi microbi che possono essere utilizzati come **biofertilizzanti** e biopesticidi.

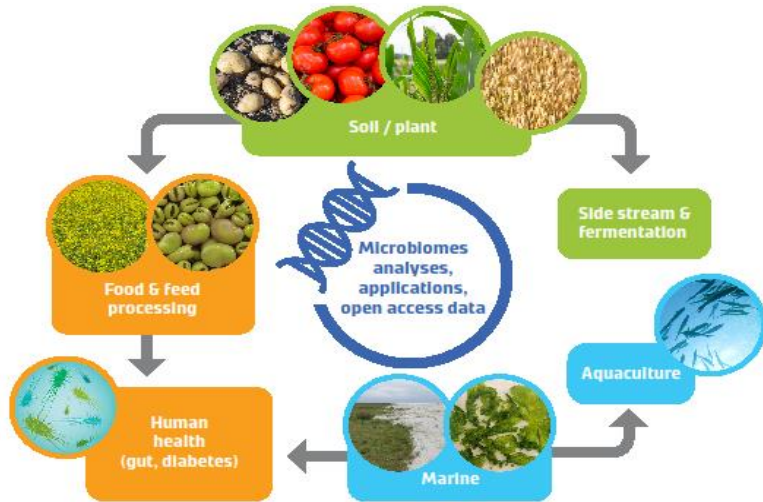
Migliorare la diversità e la funzione benefica del microbioma del suolo attraverso l'ottimizzazione dei metodi di gestione del suolo.

Il ruolo del microbioma per un cibo sano e sostenibile secondo il concetto “One health”

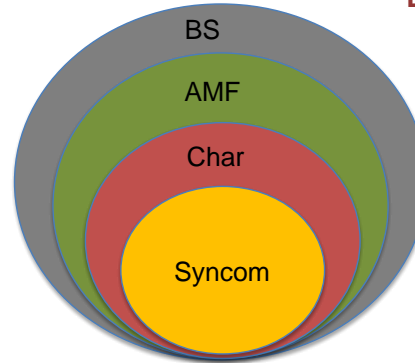


Valorizzare la biodiversità microbica del suolo e della rizosfera per favorire la transizione agroecologica dell'agricoltura verso sistemi che **salvaguardano il suolo** e forniscono diete sane e sostenibili, in grado di conciliare i bisogni umani con la salute del Pianeta.

II PROGETTO SIMBA - Sustainable Innovation of Microbiome Applications in Food System

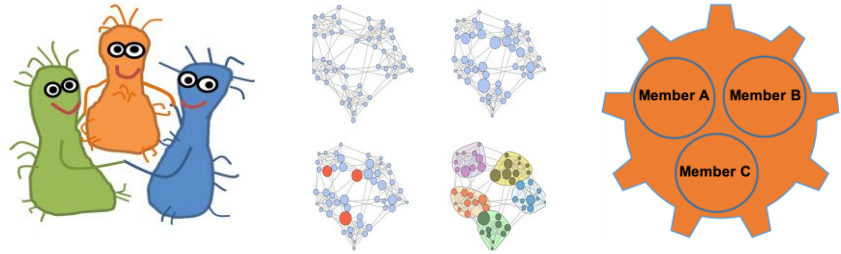


BIOSOLUZIONI PER L'AGRICOLTURA



Seaweed extracts, Plant-derived protein hydrolysate

SynComms: azotofissatori, PGP, agenti di biocontrollo, P solubilizzatori



Soluzioni basate sul microbioma del suolo: dal laboratorio ad applicazioni in pieno campo



Lab/Climate chamber



Picture: www.weiss-technik.com



Greenhouse



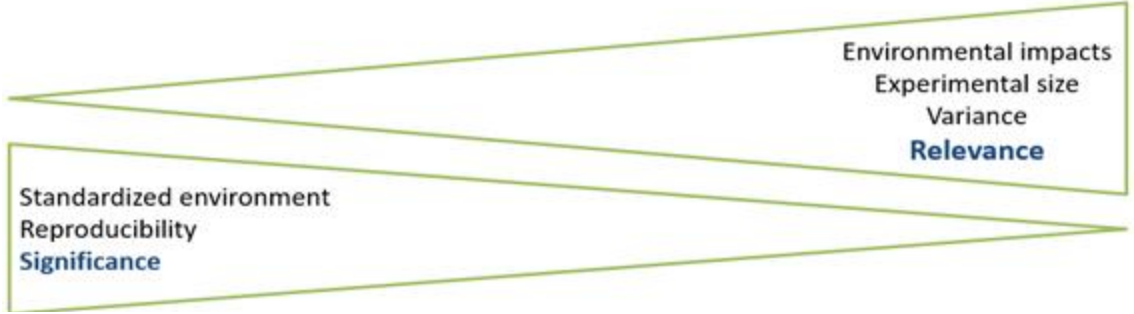
Picture: Jonas Hett



Field



Picture: Jonas Hett



Article

A Metagenomic and Gene Expression Analysis in Wheat (*T. durum*) and Maize (*Z. mays*) Biofertilized with PGPM and Biochar

Sara Graziano ¹, Marina Caldara ², Mariolina Gulli ^{1,2}, Annamaria Bevivino ³, Elena Maestri ^{1,2} and Nelson Marmiroli ^{1,2,4*}

European Journal of Agronomy 144 (2023) 126743

Contents lists available at ScienceDirect

European Journal of Agronomy

journal homepage: www.elsevier.com/locate/eja




Impact of microbial consortia on organic maize in a temperate climate varies with environment but not with fertilization

Jonas Hett ⁵, Thomas F. Döring ⁶, Annamaria Bevivino ⁶, Daniel Neuhoff ^{6*}

Article

Identification of Beneficial Microbial Consortia and Bioactive Compounds with Potential as Plant Biostimulants for a Sustainable Agriculture

Silvia Tabacchioni ^{1,†}, Stefania Passato ², Patrizia Ambrosino ², Liren Huang ³, Marina Caldara ⁴, Cristina Cantale ^{1,†}, Jonas Hett ⁵, Antonella Del Fiore ¹, Alessia Fiore ¹, Andreas Schlüter ³, Alexander Szczyba ⁴, Elena Maestri ⁴, Nelson Marmiroli ⁴, Daniel Neuhoff ⁵, Joseph Nesme ⁶, Soren Johannes Sorensen ⁶, Giuseppe Aprea ¹, Chiara Nobili ¹, Ombretta Presenti ¹, Giusto Giovannetti ⁷, Caterina Giovannetti ⁷, Anne Pihlanto ⁸, Andrea Brunori ¹ and Annamaria Bevivino ^{1,*}

Article

Designing a Waste-Based Culture Medium for the Production of Plant Growth Promoting Microorganisms Based on Cladodes Juice from *Opuntia ficus-indica* Pruning

Rosaria Alessandra Magarelli ¹, Mario Trupo ^{1,*}, Alfredo Ambroci ^{1,*}, Vincenzo Larocca ¹, Maria Martino ¹, Salvatore Palazzo ¹, Roberto Balducci ¹, Vesa Joutsjoki ², Anne Pihlanto ² and Annamaria Bevivino ³

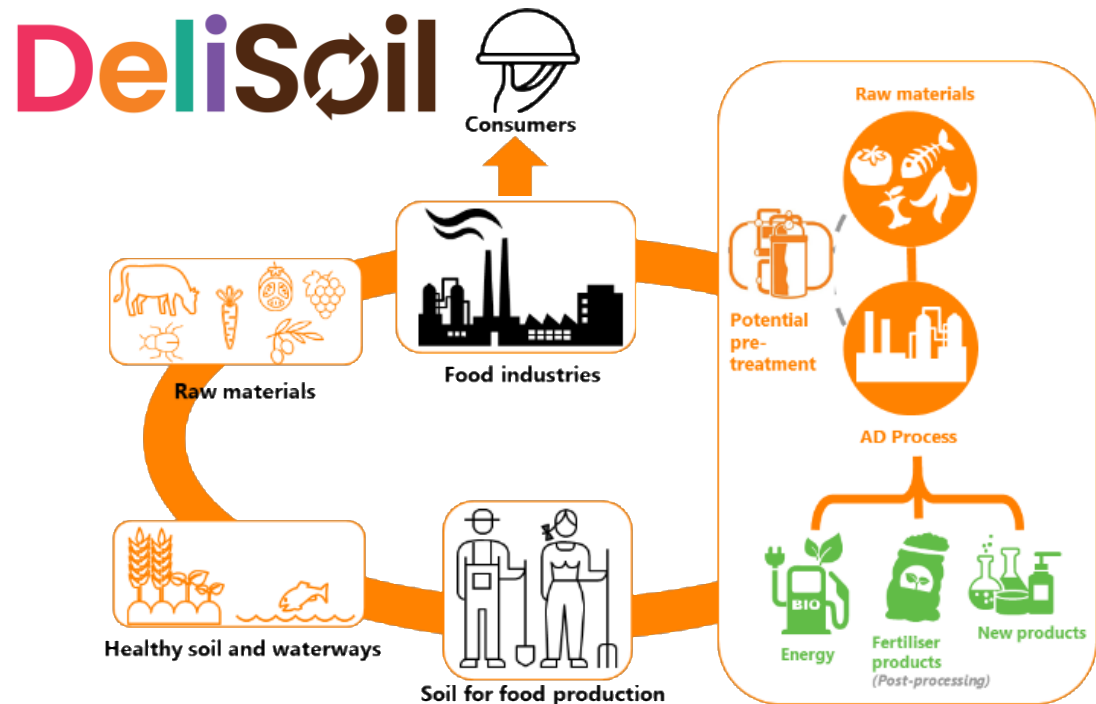
Article

Effects of Multi-Species Microbial Inoculants on Early Wheat Growth and Litterbag Microbial Activity

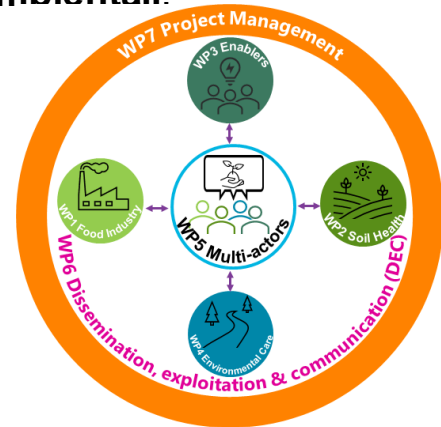
Jonas Hett ^{1,*}, Daniel Neuhoff ¹, Thomas F. Döring ¹, Giorgio Masoero ², Enrico Ercole ³ and Annamaria Bevivino ⁴

Biomarkers of food quality and safety associated to the plant-microbiome/biostimulant combination (Deliverable 4.5)

II PROGETTO DELISOIL <https://delisoil.eu>

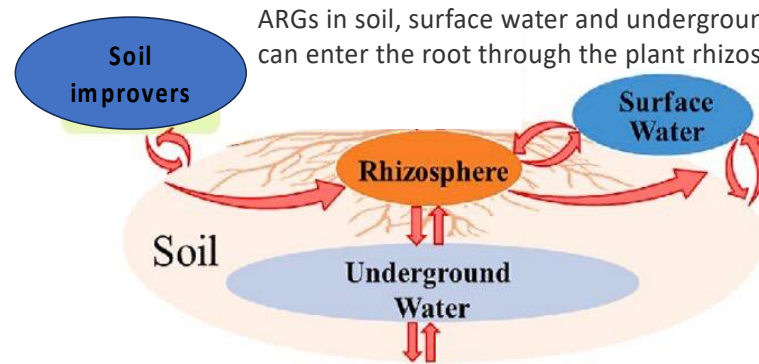
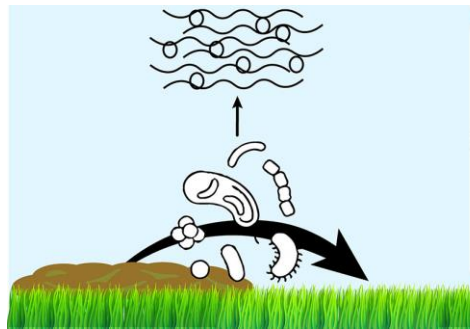


Tecnologie innovative per convertire i residui delle industrie di trasformazione e produzione alimentare in **ammendanti** all'avanguardia che saranno testati per stabilità, efficacia e biosicurezza valutandone così il loro impatto su **salute del suolo, prestazioni agronomiche e rischi ambientali**.



New biomarkers of soil health from soil microbiome

- Metagenomic sequencing and bioinformatic tools
- Functional and phylogenetic information will be linked with chemical, physical, and more biological parameters
- The metagenomic approach will also be employed to assess the risk of spreading antibiotic resistance genes (ARG) in the soil treated with tailored soil improvers



Kim et al. 2021 Antibiotic resistome from the One-Health perspective: understanding and controlling antimicrobial resistance transmission. *Exp Mol Med* **53**, 301–309 (2021).

Environmental Research 248 (2024) 118395



Contents lists available at [ScienceDirect](https://www.sciencedirect.com)

Environmental Research

journal homepage: www.elsevier.com/locate/envres



Review article

Sustainable strategies: Nature-based solutions to tackle antibiotic resistance gene proliferation and improve agricultural productivity and soil quality



Andrea Visca^{*}, Luciana Di Gregorio, Elisa Clagnan, Annamaria Bevivino

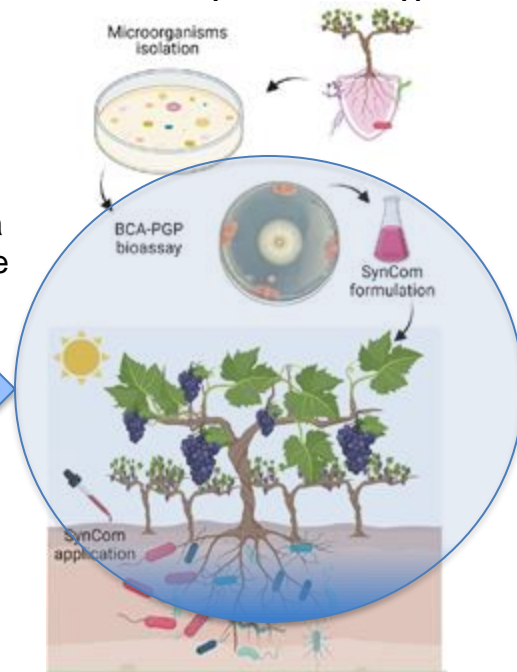
Department for Sustainability, Biotechnologies and Agroindustry Division, ENEA, Italian National Agency for New Technologies, Energy and Sustainable Economic Development, Casaccia Research Center, Via Anguillarese 301, 00123, Rome, Italy

Take-home message

L'integrazione di approcci basati sul microbioma con l'emergente agricoltura di precisione, la biologia sintetica, i big data e gli approcci genomici può fornire una solida struttura per realizzare il vero potenziale delle tecnologie del microbioma vegetale in agricoltura come parte integrante dell'agricoltura moderna.



Una nuova era del microbioma del suolo e delle piante



Quanto ancora rimane da fare?

Alimenti sostenibili e di qualità

- guidare la transizione dell'agricoltura verso pratiche più sostenibili
- ridurre l'input di pesticidi chimici, fertilizzanti di sintesi e antimicrobici
- potenziare l'agricoltura biologica e lottare contro la perdita di biodiversità
- garantire la sicurezza dell'approvvigionamento alimentare
- ridurre le perdite e gli sprechi alimentari
- guidare la transizione verso consumi di cibi sani

MICROBIOME INNOVATIVE SOLUTIONS FOR IMPROVING FOOD SECURITY, HEALTH AND AGRIFOOD SYSTEM SUSTAINABILITY AND RESILIENCE



HOW TO LEVERAGE MICROBIOME SCIENCE AND INNOVATIONS



IL MICROBIOMA DEL SUOLO E DELLE PIANTE: PROGETTI IN CORSO



<https://ejpsoil.eu>

EJP SOIL has received funding from the European Union's Horizon 2020 research and innovation programme: Grant agreement No 862695



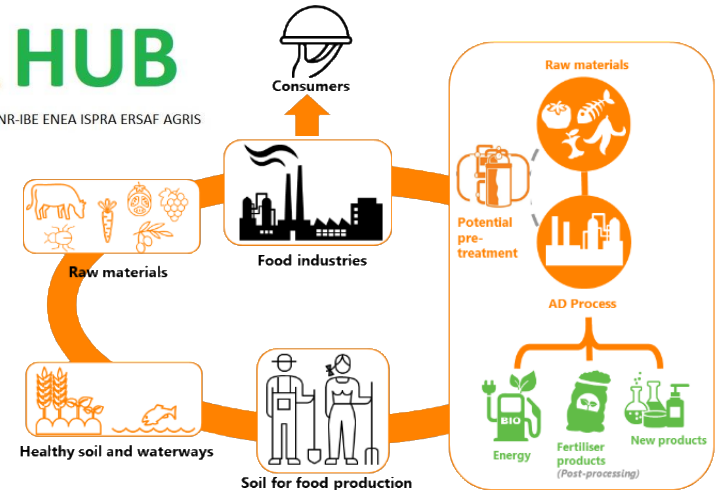
DELISOIL

Delivering safe, sustainable, tailored & societally accepted soil improvers from circular food production processes for boosting soil health



SOIL HUB

CREA CREA-AA CREA-PB UniPA CNR-IBE ENEA ISPPA ERSAF AGRIS



Achieving Ecological Resilient Dynamism for the European food system through consumer driven policies.



Ministero dell'Università e della Ricerca



WP2 (Lead ENEA)
SOIL HEALTH RESTORATION AND IMPROVEMENT

grazie



Agenzia nazionale per le nuove tecnologie,
l'energia e lo sviluppo economico sostenibile

Annamaria Bevivino
annamaria.bevivino@enea.it



Dipartimento Sostenibilità dei Sistemi
Produttivi e Territoriali



Laboratorio
Sostenibilità, Qualità e Sicurezza
Produzioni Agroalimentari



Salute del suolo per la qualità degli alimenti, Roma, 22 Aprile 2024