



Città di Palermo

Area delle Politiche Ambientali e
Transizione Ecologica



400+1
Festino
di Santa
Rosalia
1624 — 2025



MINISTERO DELL'AMBIENTE
E DELLA SICUREZZA ENERGETICA



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI PALERMO

CONVEGNO

Nuovi ecosistemi per ambienti urbani in equilibrio climatico

Costruire il Piano di adattamento
della Città di Palermo

*E' un lavoro sporco ma...
i microrganismi lo fanno gratis*

SERVIZI ECOSISTEMICI MICROBICI PER LA CITTA'

Paola Quatrini

Con il patrocinio di:



Centro di Sostenibilità
e Transizione Ecologica

Argomenti

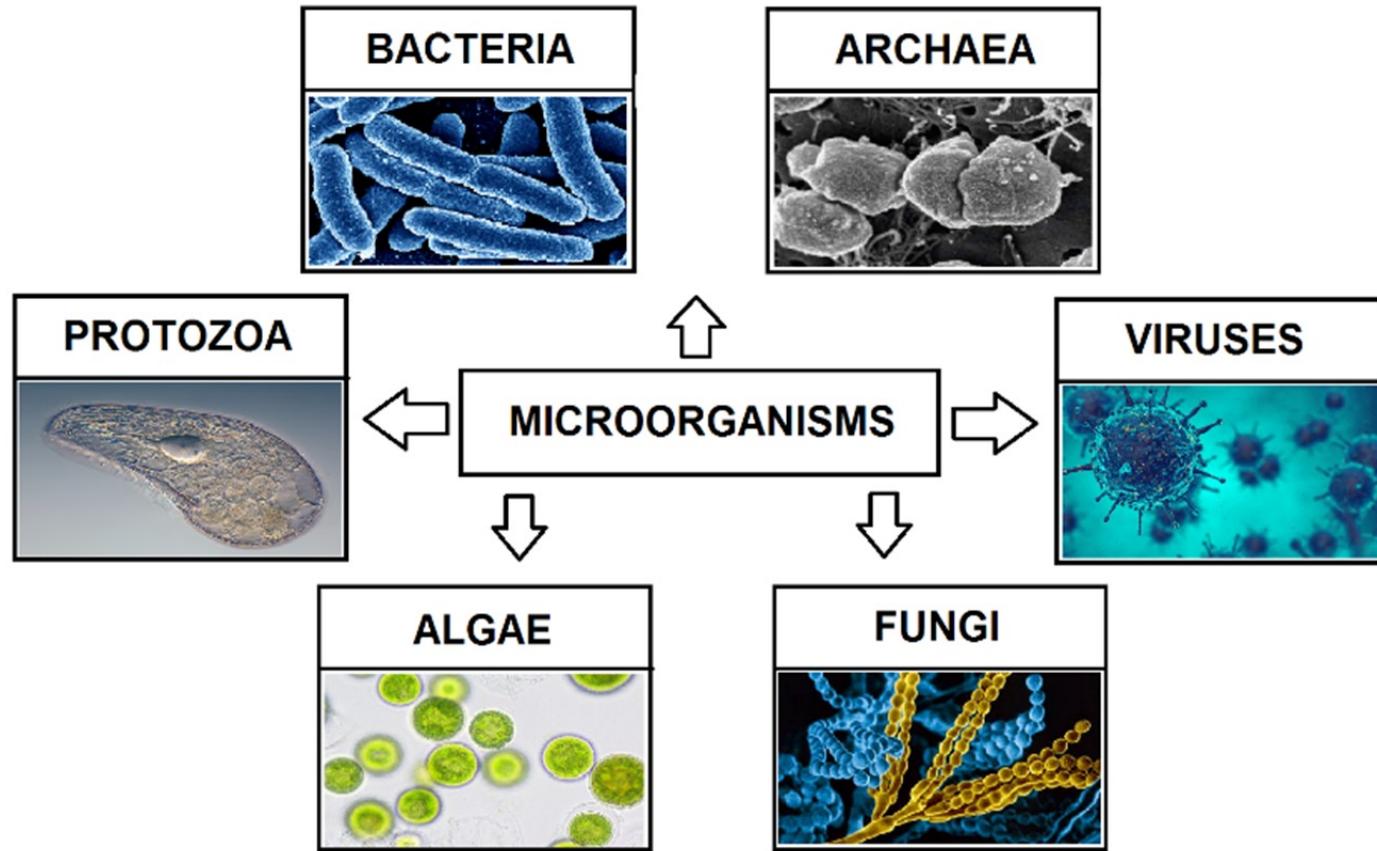
Biodiversità invisibile

La salute della città inizia dal suolo

Servizi ecosistemici microbici per il suolo ed il verde urbano

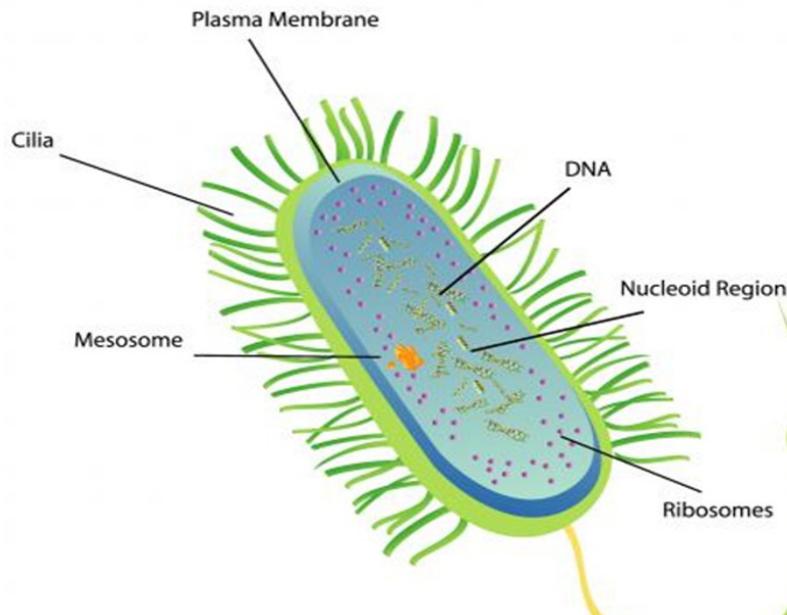
Servizi ecosistemici microbici per mitigare l'inquinamento

I microrganismi



Strategie dei procarioti

Prokaryotic Cell



- ✓ Dimensioni (1-2 μm)
- ✓ Parete rigida
- ✓ Crescita rapida
- ✓ Rapido adattamento
- ✓ **Versatilità metabolica**

La biodiversità invisibile

coltivabili

patogeni

Incoltivabili
&
sconosciuti

- La maggior parte dei microrganismi che ci circonda è incoltivabile
- Tra decine di migliaia di specie batteriche solo poche decine sono patogene
- La maggior parte dei microrganismi che regolano gli ecosistemi terrestri è ancora sconosciuta

Servizi ecosistemici microbici

- controllare l'inquinamento, degradare i contaminanti
- controllare il sequestro di C nel suolo e negli oceani
- controllare le emissioni di gas serra
- controllare i cicli biogeochimici
- regolare la crescita e la salute delle piante
- fonte di molecole bioattive, biopolimeri alternativi alla plastica di biocarburanti alternativi ai combustibili fossili...



In una manciata di terra ci sono **più esseri viventi che uomini sulla Terra.**

Se i microrganismi del suolo sparissero dalla biosfera la terra sarebbe un'enorme discarica di rifiuti e organismi morti indecomposti

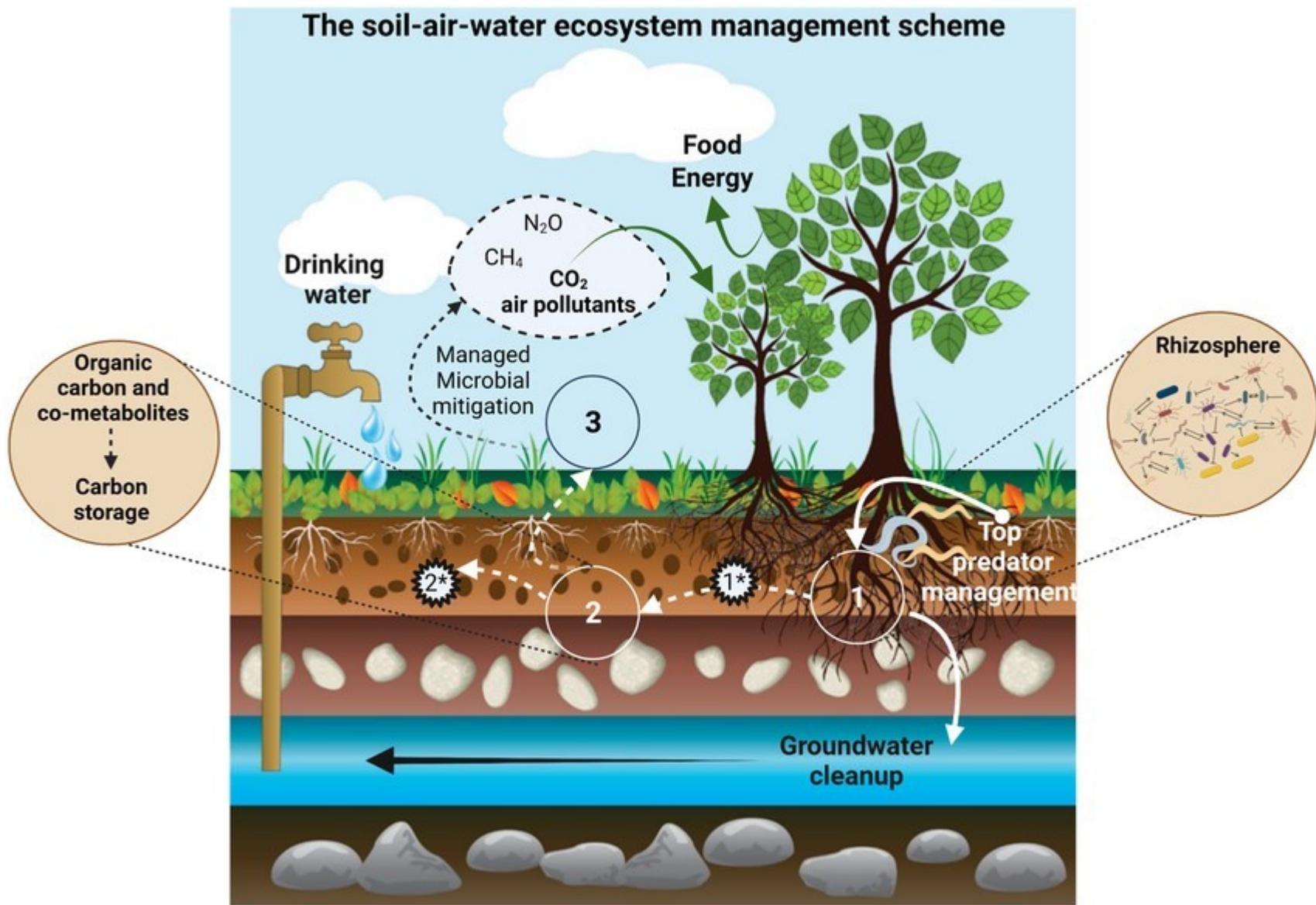


Il suolo è coinvolto in molti obiettivi di sviluppo sostenibile



- **È la più grande riserva di carbonio**
Lal et al., Philos Trans R Soc Lond B Biol Sci .2021
- **ospita il 60% della vita e della biodiversità**
Anthony et al., PNAS 2023
- **Produce il 95% del cibo** (*FAO, 2024*)
- **Pietra angolare del concetto “one health”**
Banerjee & van der Heijden Nat Rev Microbiol. 2023
-

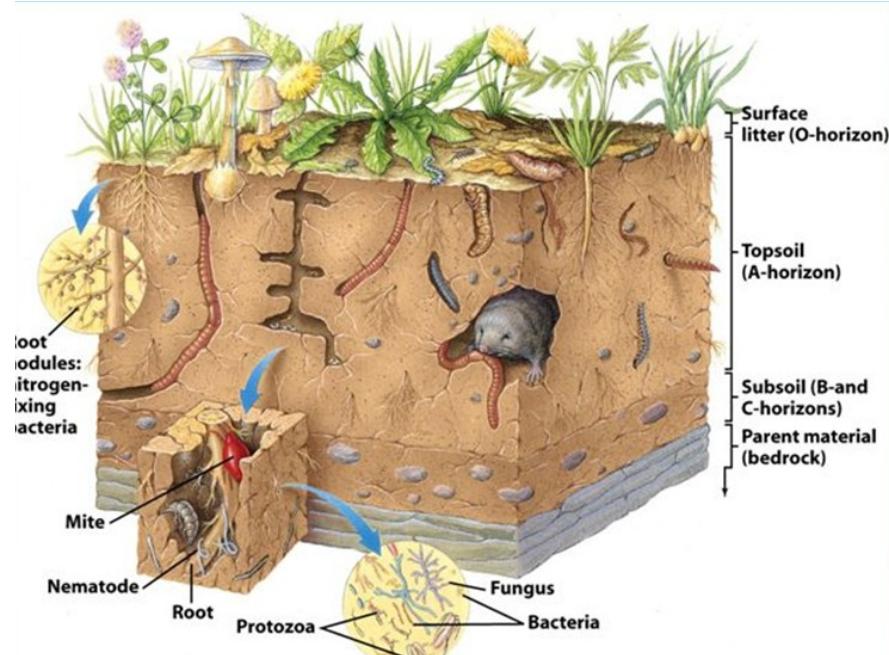
Gestione del Microbiota



I servizi ecosistemici del suolo (e dei microrganismi) valgono €5,000 a persona/anno

Nel 2021 50% del PIL globale

La salute della città comincia dal suolo



un ettaro di terreno agricolo contiene circa **3 tonnellate** di organismi (tra 10 mila e 50 mila specie).

In termini di peso e dimensioni dominano i lombrichi, mentre in termini di ricchezza delle specie, **dominano batteri e funghi**.

- Il microbiota del suolo ha ruolo chiave in: fertilità, sequestro di carbonio, salute delle piante

-

Il suolo è una riserva di biodiversità nella città



una sola salute (one health)

REVIEWS

comparing environmental characteristics with human microbiomes found that soil types (for example, clay loam soil versus loam soil) were correlated with the nasal and oral microbiomes³⁶. Furthermore, soils with high cation exchange capacity often have higher nutrient content, leading to a higher soil microbial diversity, which has been linked to reduced risk of hospitalization for infectious and parasitic diseases in Australia³⁷. A possible

explanation for this observation is that higher microbial diversity in the environment buffers against diseases by occupying niches that otherwise are taken by pathogens or through direct inhibition (see below). Pet dogs and cats can regularly bring soil-associated microorganisms to built environments, resulting in microbial exposures of their owners and other inhabitants³¹. Furthermore, the oral, nasal and skin microbiomes of farmworkers are

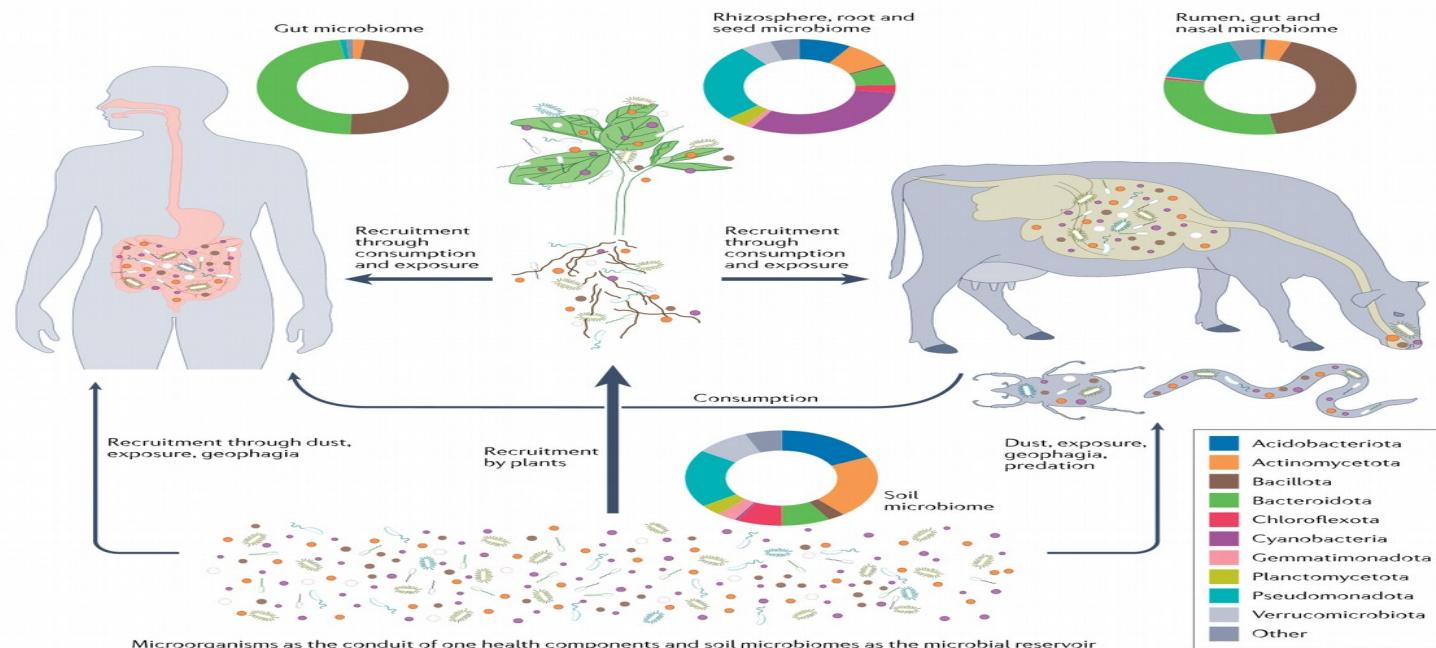
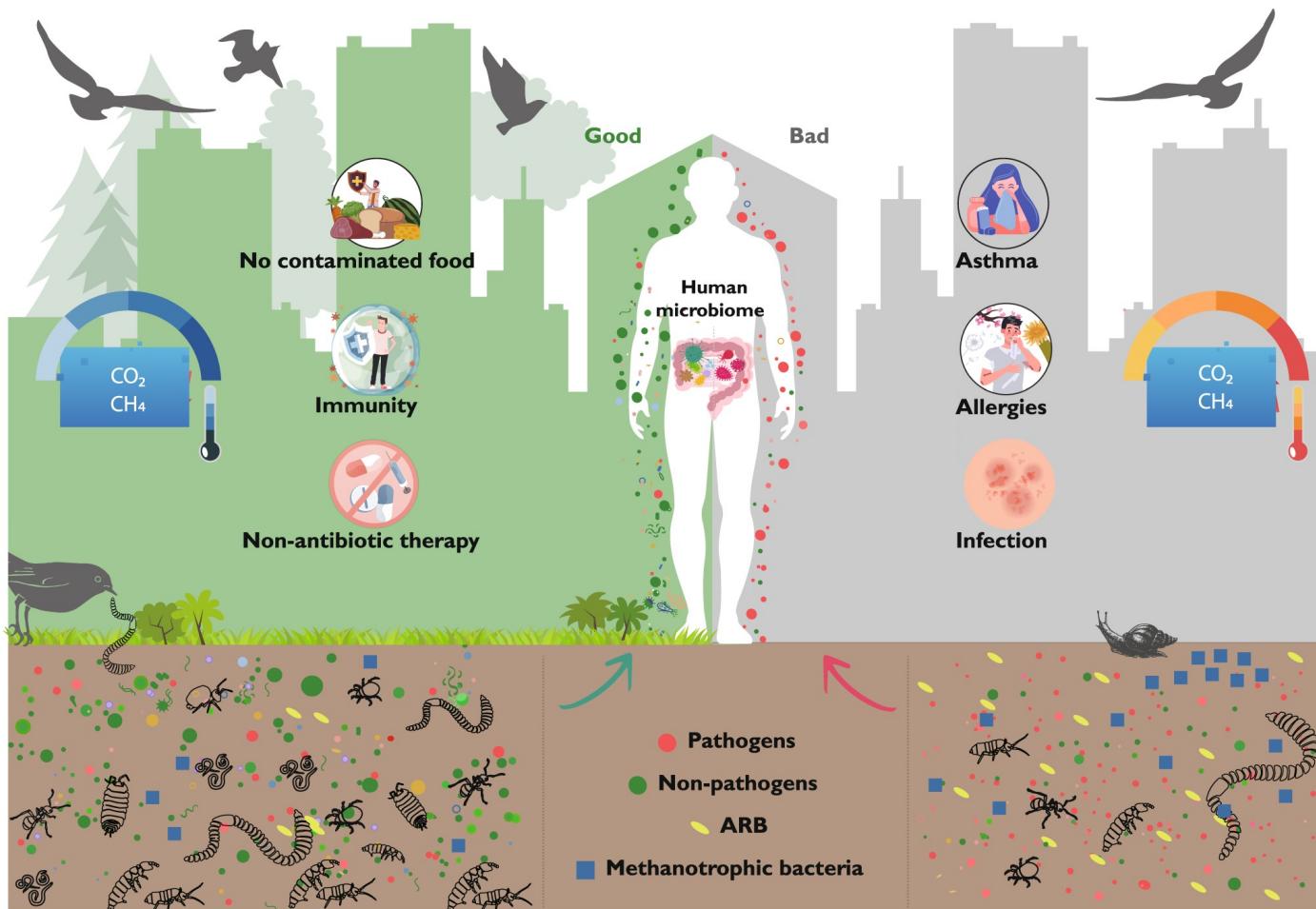


Fig. 1 | The link between soil, plant, animal and human microbiomes. Microorganisms link soil, plant, animal and human health, and microbial communities connect the different ecosystems. Soil harbours the most diverse and complex microbiome on Earth and, thus, can act as a microbial reservoir. Bulk soil is likely the largest contributor to plant endophytic microbiota, contributing more than two-thirds of the bacterial and fungal diversity. Diets play a major role in shaping the gut microbiome composition of both humans and animals. Plant microbiota, including microorganisms originally derived from soil, can also make their way into human and animal gut microbiota. Farmers or farm animals are regularly exposed to soils, and we also inhale soil particles, including soil microorganisms, through dust. Geophagy is the deliberate consumption

of soil or clay. Sheep, gorillas, bats and parrots are a few animals that carry out geophagy. Human geophagy is also not uncommon. Thickness of the arrows suggests the potential strength of the associations. Pie charts show the top ten dominant phyla of each microbiome (soil, plant, animal and human). We conducted a literature search to identify the compositional overlap among the microbiomes of soils, plants, animals and humans. We only selected studies from the Midwest region of the United States that had sequences deposited in the Sequence Read Archive repository of the National Center for Biotechnology Information (NCBI). In total, we processed sequences available from 431 independent biological samples from soils (177 samples), plants (112 samples), animals (24 samples) and humans (118 samples).

La riduzione della biodiversità in ambiente urbano favorisce i patogeni e l'antibiotico-resistenza





Finanziato
dall'Unione europea
NextGenerationEU



Ministero
dell'Università
e della Ricerca



Italidomani
PIANO NAZIONALE
DI RIPRESA E RESILIENZA



PRIN 2022 PNRR Greenwork

An interdisciplinary framework for urban health and urban resilience enhancement based on greening strategies on buildings and open spaces

CUP: B53D23029580001

innovative greening solutions for improving environmental quality

Sustainable greening and Monitoring Restoration Success
through Metagenomics

UNIPA Research Unit - Maria Antonietta Ragusa

**DA
RCH**
DIPARTIMENTO
DI ARCHITETTURA
UNIPA

Identificazione delle aree che richiedono interventi di greening mediante rilevazione dei parametri architettonici e della percezione degli studenti.

Prototipi di intervento nelle aree identificate.

Bldg 16 entrance area



- Recinzione area, pacciamatura e crescita erbe spontanee
- Biomonitoraggio attraverso analisi metagenomica del suolo

Monitoring ecosystem health - Soil restoration



Tempo: un mare di biodiversità

Aprile
2025

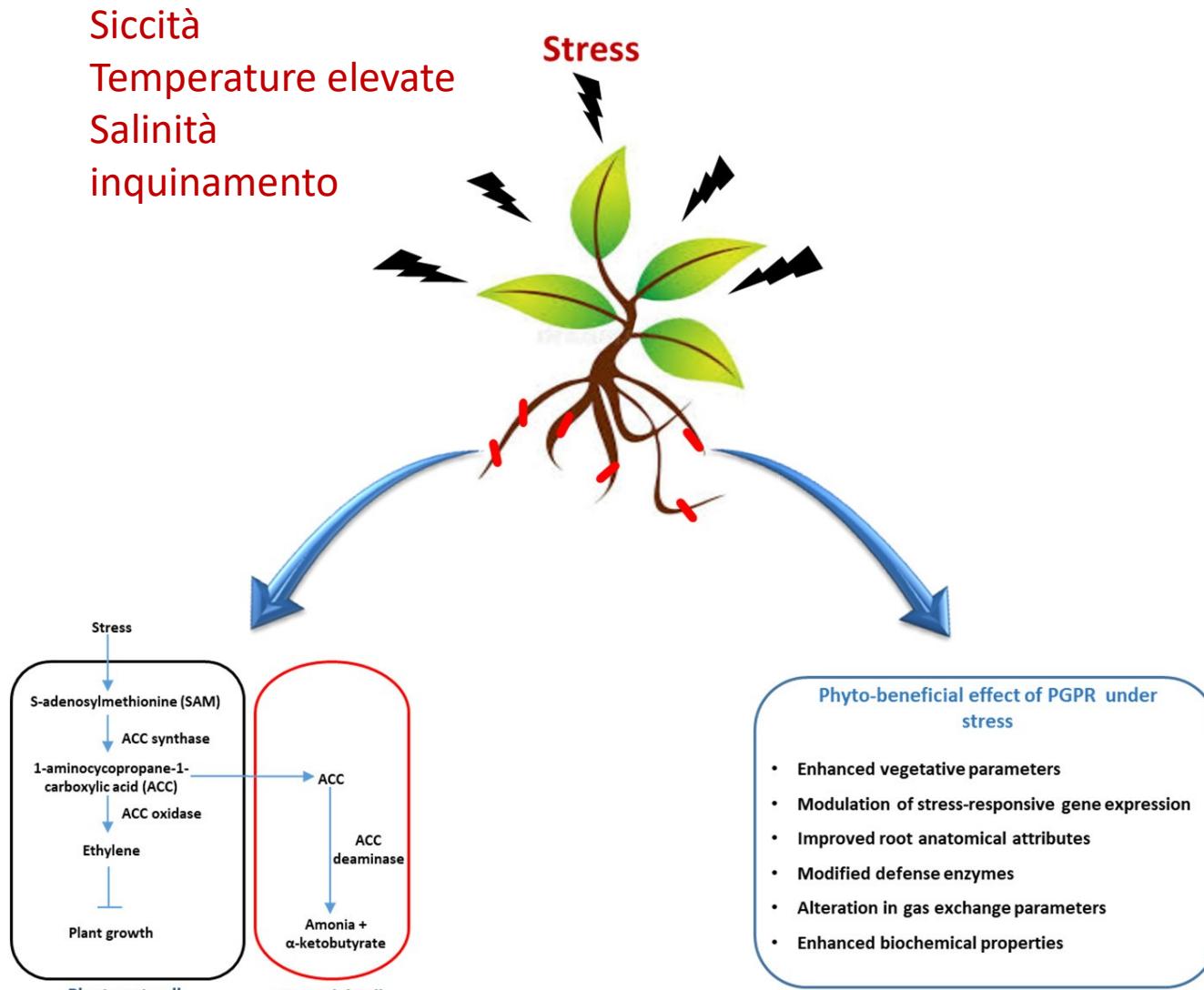


La nostra percezione di «sporco» e di «rischio»

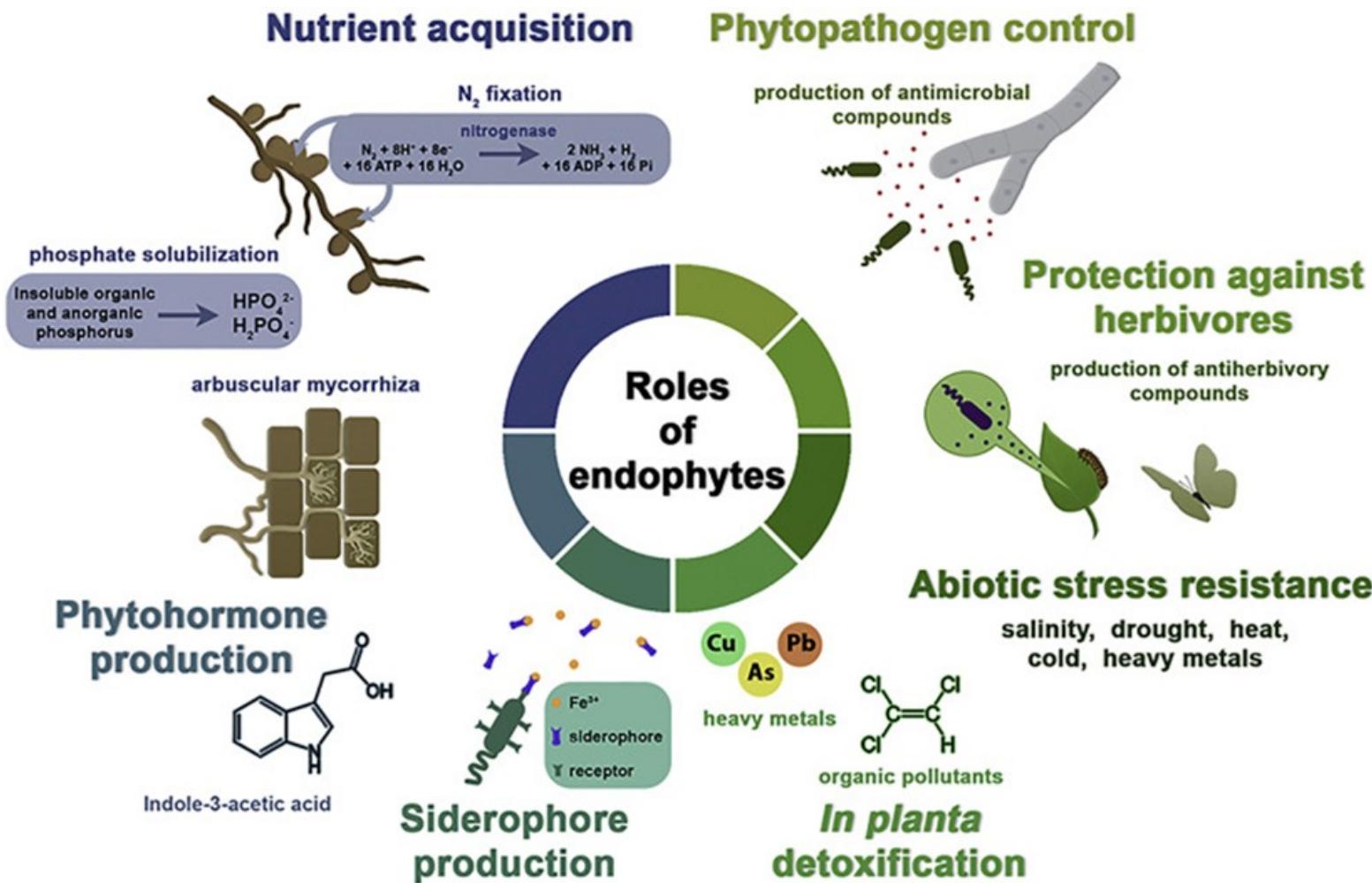


Servizi ecosistemici microbici per il suolo ed il verde urbano

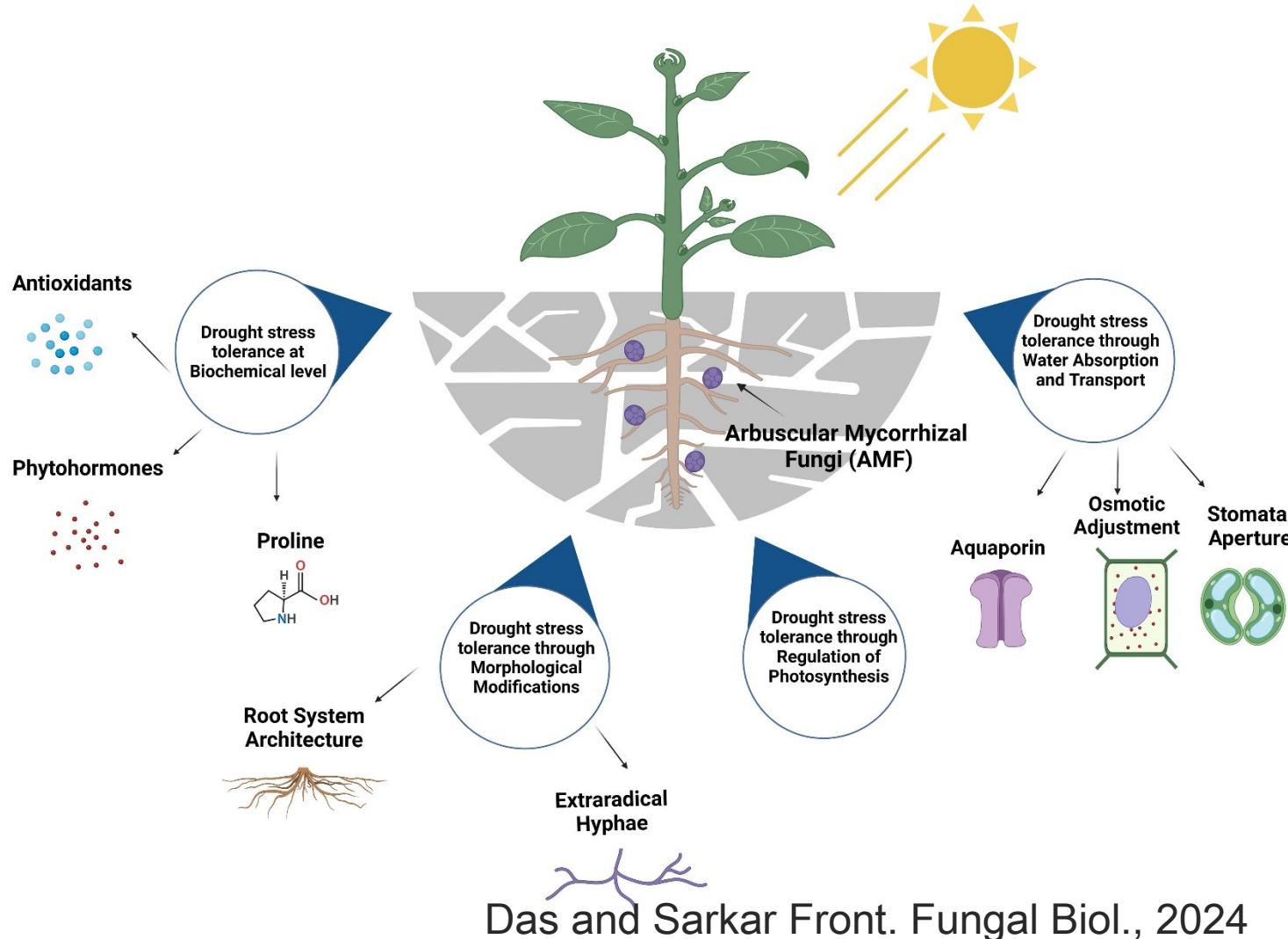
Piante in città: cambiamento climatico e stress



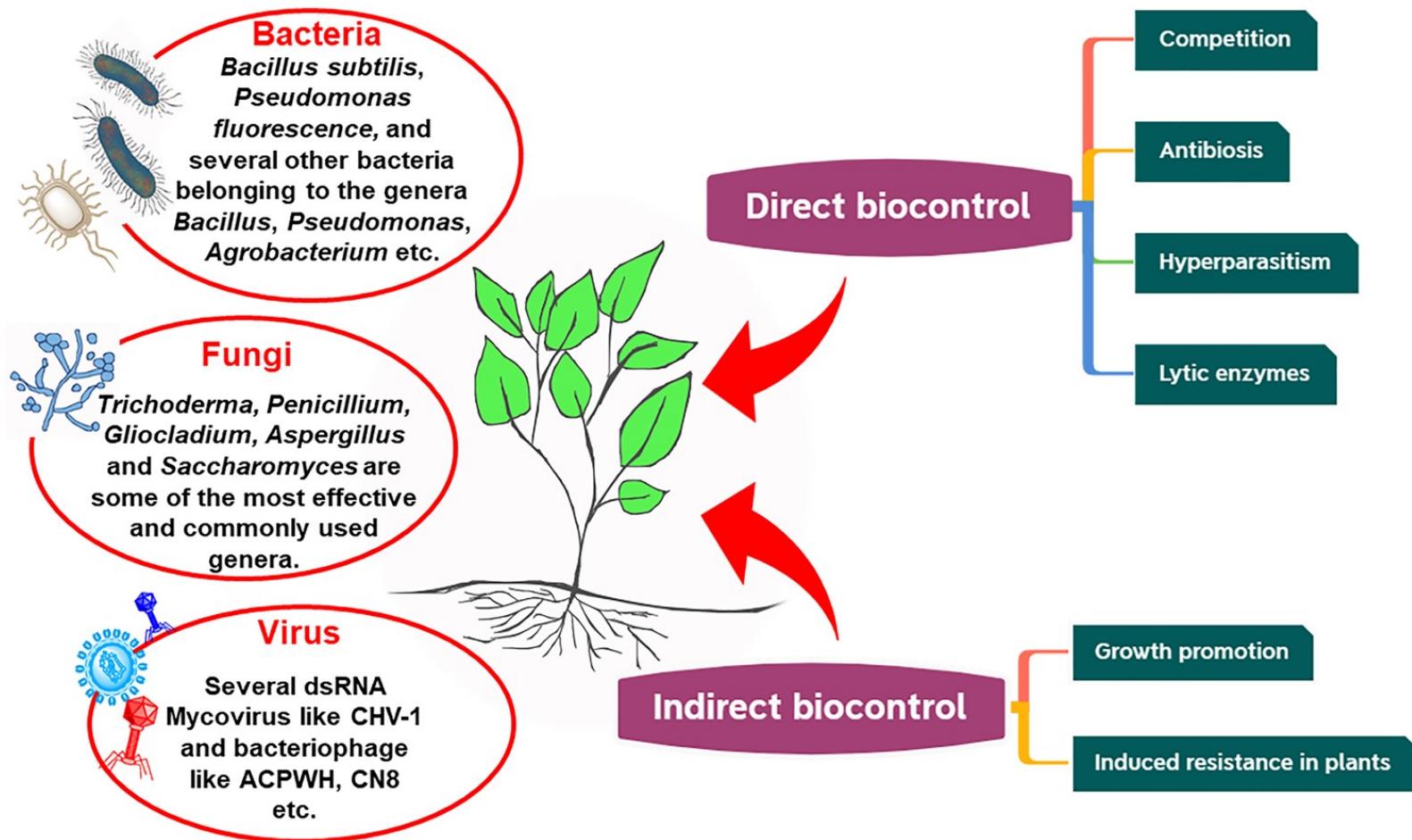
Batteri e funghi promotori della crescita delle piante



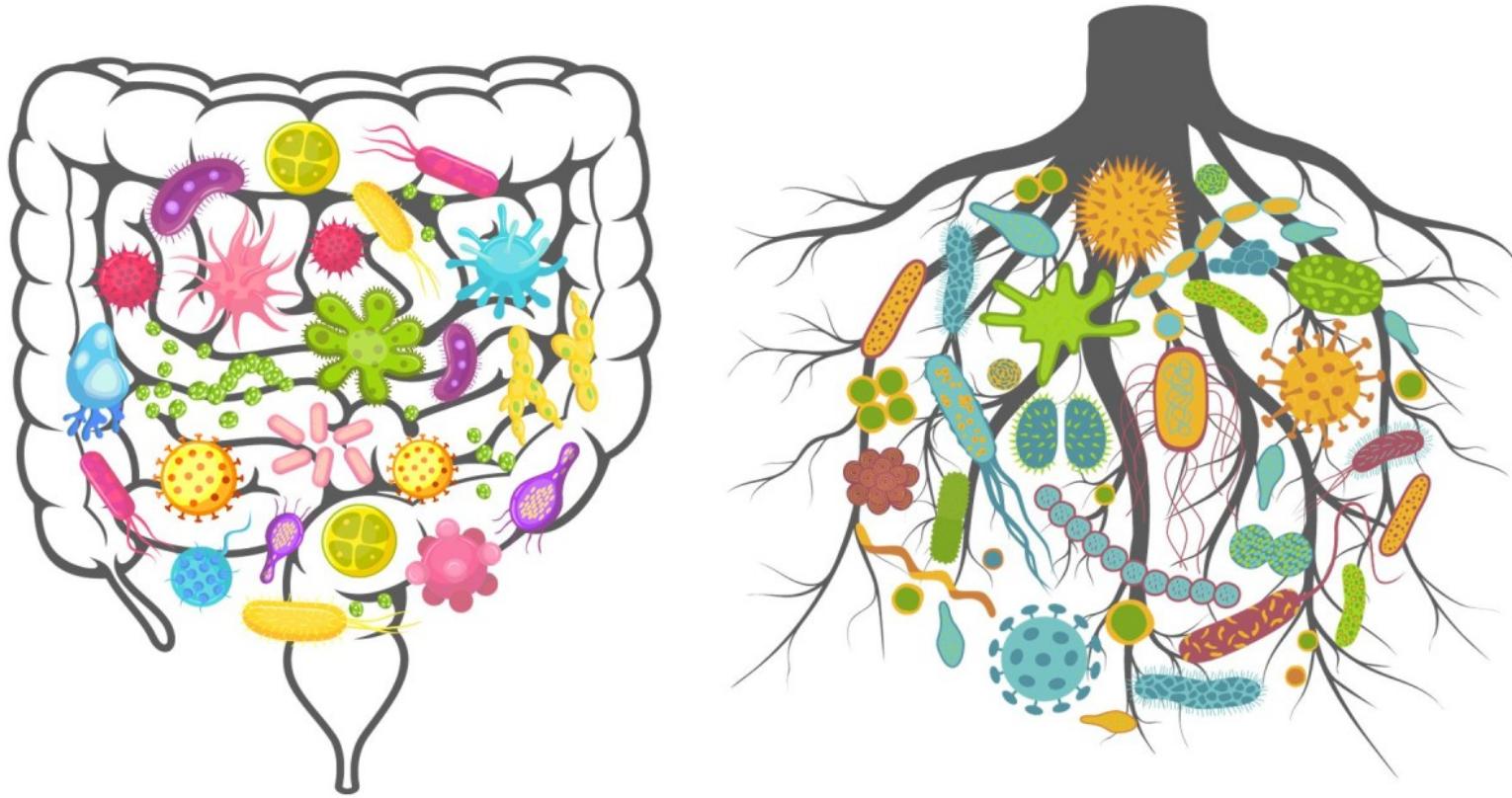
Le simbiosi radicali (micorrize) favoriscono la resistenza allo stress idrico



microrganismi come agenti di biocontrollo



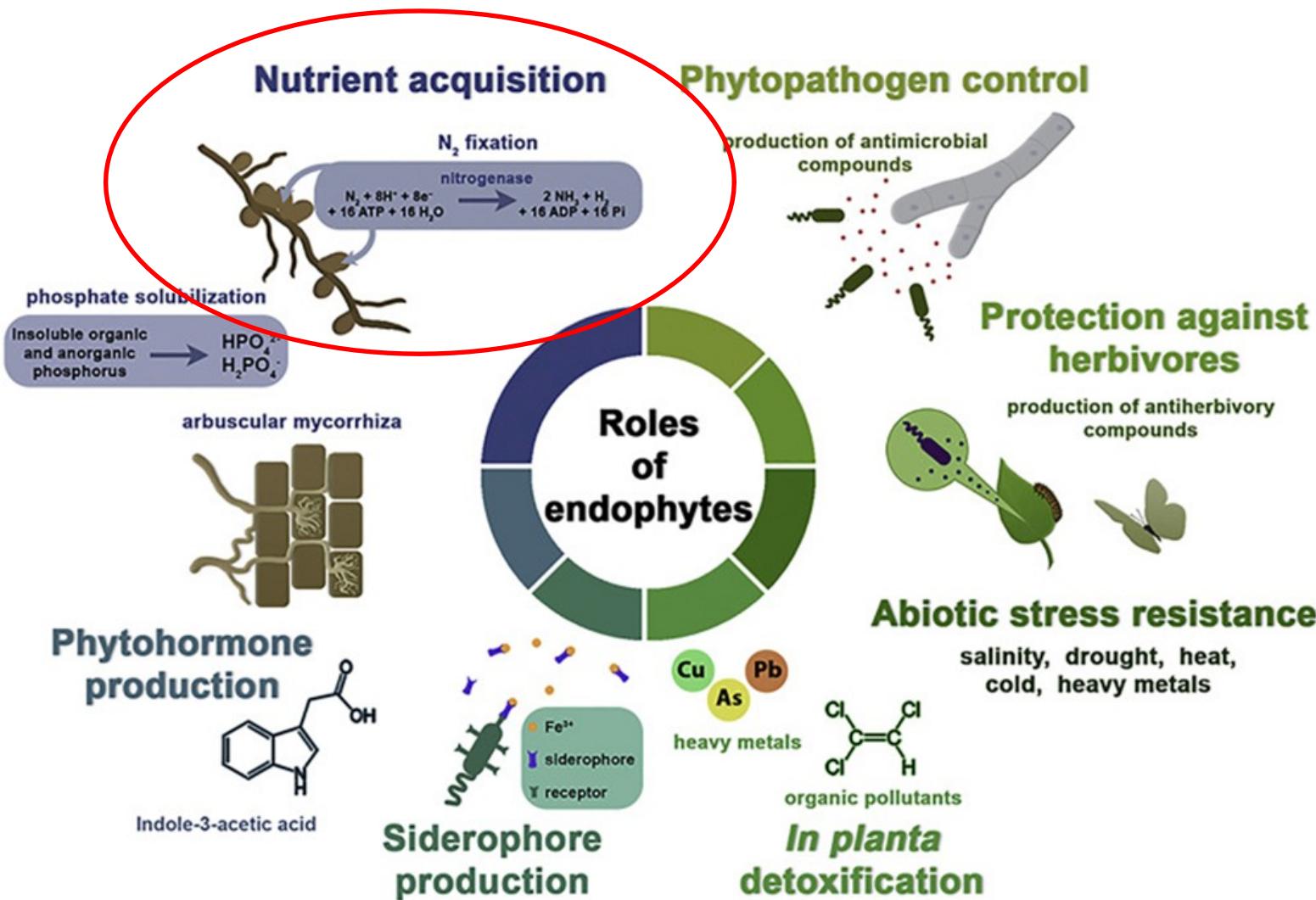
il microbiota del suolo



I suoli con **un'elevata diversità di microrganismi** hanno maggiori probabilità di includere un gran numero di **batteri non patogeni** che superano il numero dei patogeni per lo **spazio e i nutrienti**

(Jeff Lowenfels e Wayne Lewis in: A collaboration with microbes)

Batteri e funghi promotori della crescita delle piante



Simbiosi azotofissatrici



AZOTO ridotto
DISPONIBILE

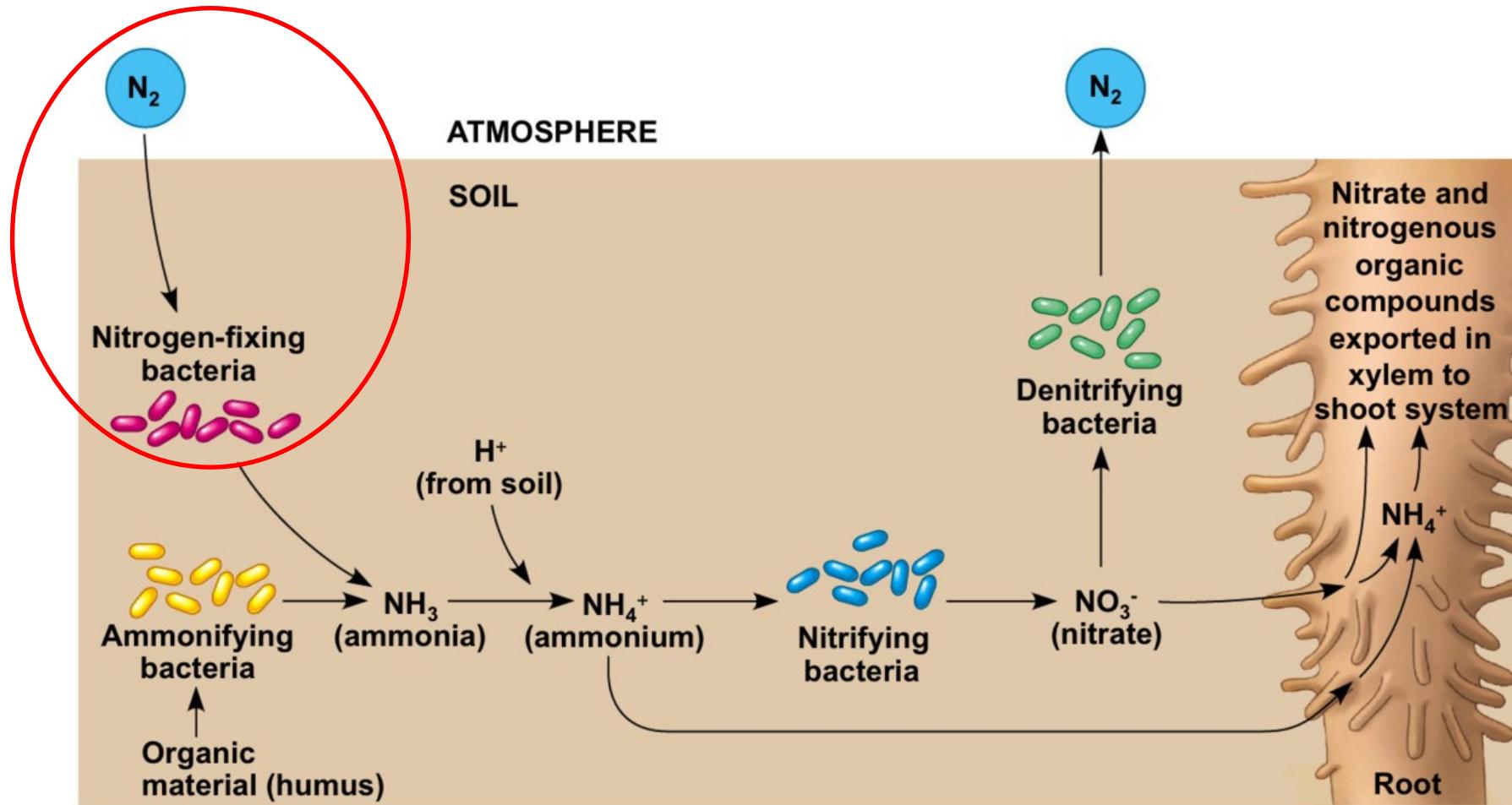
Rhizobium

Leguminosa

ACIDI ORGANICI
E
ZUCCHERI

I rizobi vivono nel suolo, colonizzano le radici delle leguminose e fissano l'azoto nelle strutture specializzate chiamate **noduli**

azotofissazione (e non solo)



Simbiosi azotofissatrici

Leguminose da granella



Leguminose spontanee arbustive



Alimentazione umana e foraggio



Ripristino del verde urbano,
Lotta alla desertificazione e
Protezione dei suoli



Collezioni di rizobi azotofissatori simbionti di leguminose legnose del Mediterraneo



Anagyris foetida



Spartium junceum



Teline monspessulana



Calicotome spinosa



Calicotome infesta



Cytisus aeolicus



Genista aspalathoides



Arch Microbiol (2008) 190:461–471
DOI 10.1007/s00203-008-0394-2

ORIGINAL PAPER

Diversity of rhizobia nodulating wild shrubs of Sicily and some neighbouring islands

Massimiliano Cardinale · Angela Lanza
Maria Laura Bonni · Salvatore Marsala
Anna Maria Puglia · Paola Quatrini



Etna, Nebrodi, Madonie, Monti di Palermo, Piana degli Albanesi, Caltanissetta, Pantelleria, Vulcano, Stromboli,



 Finanziato
dall'Unione europea
NextGenerationEU



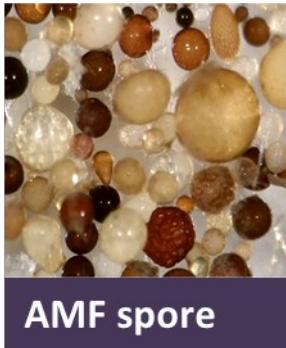
Italiadoman
FONDAZIONE CARLO
BORGESI E PIERLUIGI



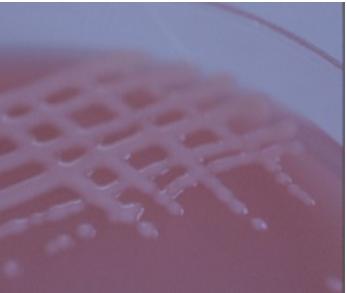
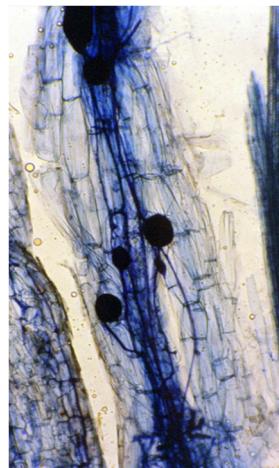
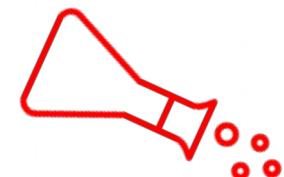


I simbionti radicali aumentano fitness e sopravvivenza su suoli antropizzati

Spartium junceum
Ginestra di spagna



Funghi micorrizici
(AMF)

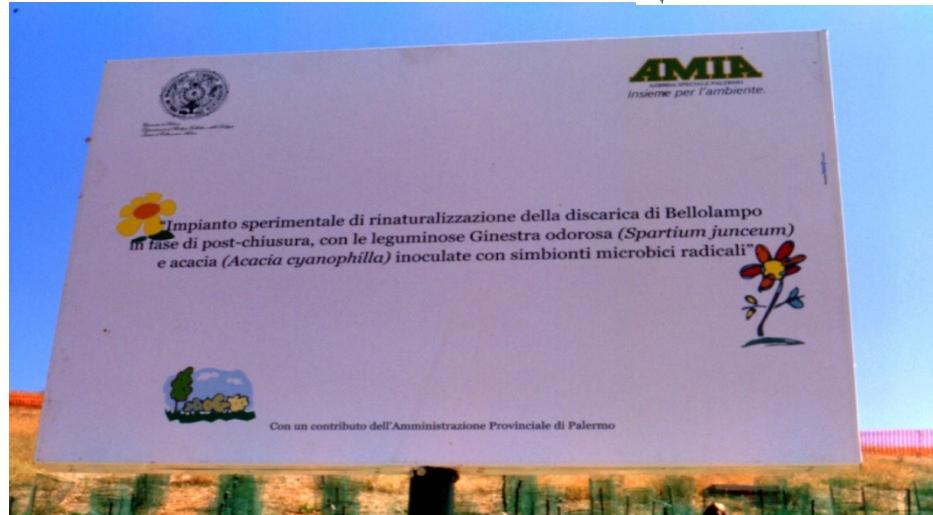


Rizobi
(azotofissazione)

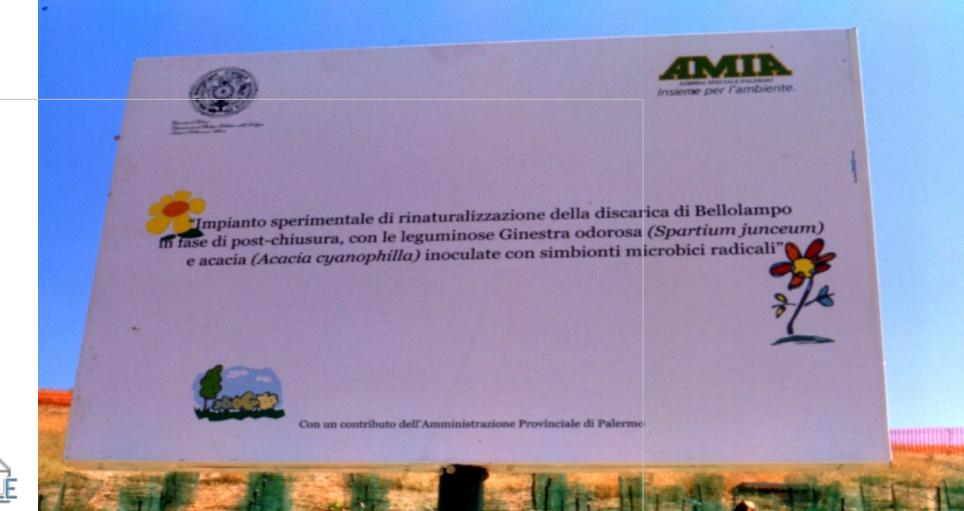


Cardinale et. al *Arch. Microbiol.* 2008
Cardinale et al., *Appl. Soil Ecol.* 2010

INOCULI MICROBICI SU LEGUMINOSE LEGNOSE PER IL RECUPERO DEI SUOLI ANTROPOGENICI



INOCULI MICROBICI BENEFICI SU LEGUMINOSE LEGNOSE PER IL RECUPERO DEI SUOLI ANTROPOGENICI



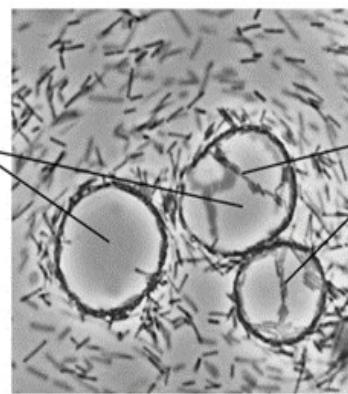
**Servizi ecosistemici microbici
per mitigare l'inquinamento**

Inquinamento da idrocarburi



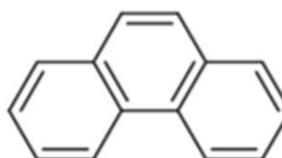
Oil droplets

Bacteria

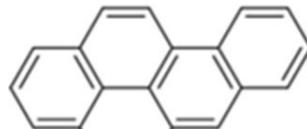


T. D. Brock

Recalcitrant Compounds

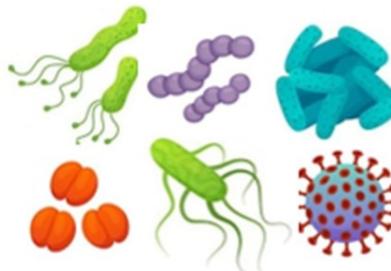


phenanthrene

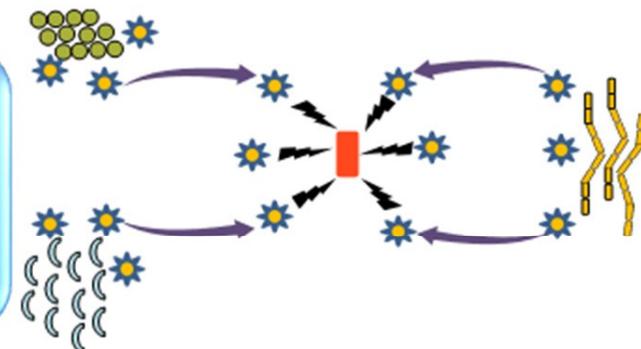


benzo[pqr]tetraphene

Microbial Adaptation

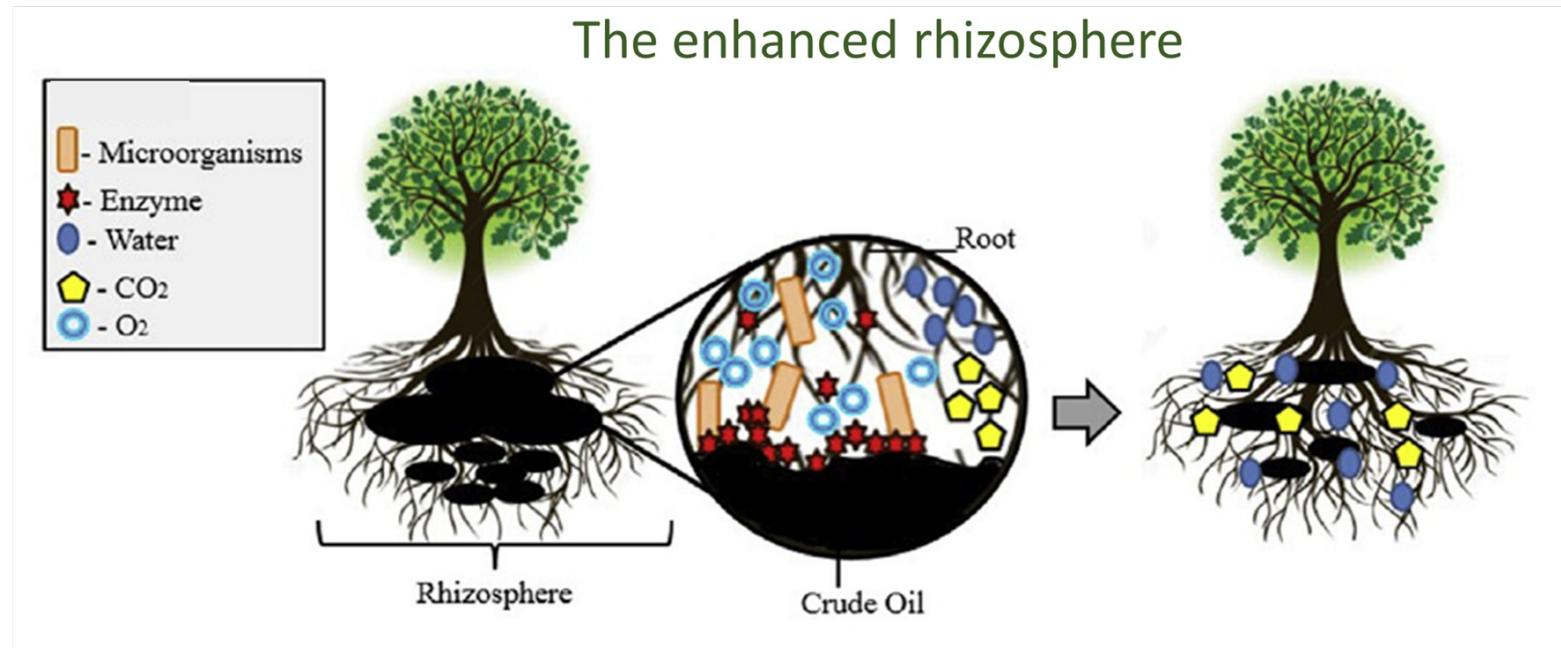


Enzymatic Breakdown



Mineralization (End Product)

Fitobiorisanamento



le piante reclutano batteri degradatori di inquinanti nei suoli contaminati e aumentano la biodegradazione creando condizioni migliori per l'attività microbica

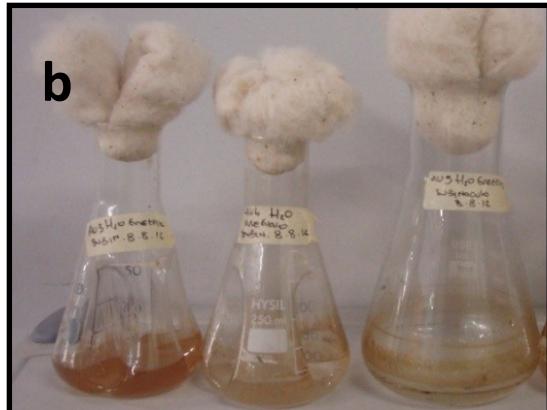
(Khan et al., Chemosphere 2013)

Batteri degradatori di idrocarburi

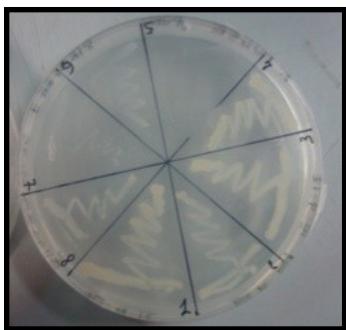
a



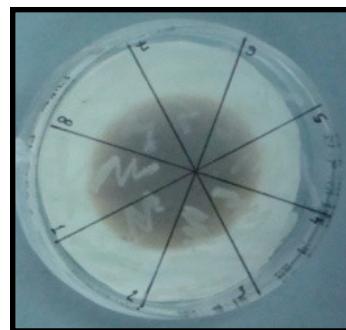
b



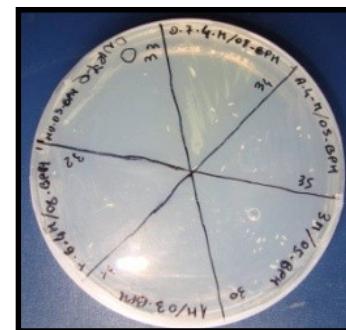
c



Alcani



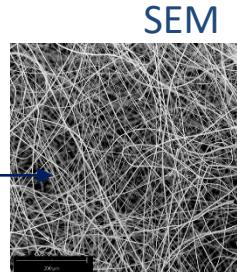
Petrolio greggio



aromatici

Immobilizzazione di batteri biodegradatori su membrane biopolimeriche biodegradabili

Biodegradable
Membrane

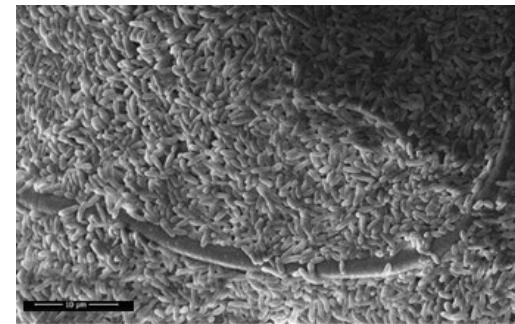


Polylactic acid membrane

Biodegrading
Bacteria



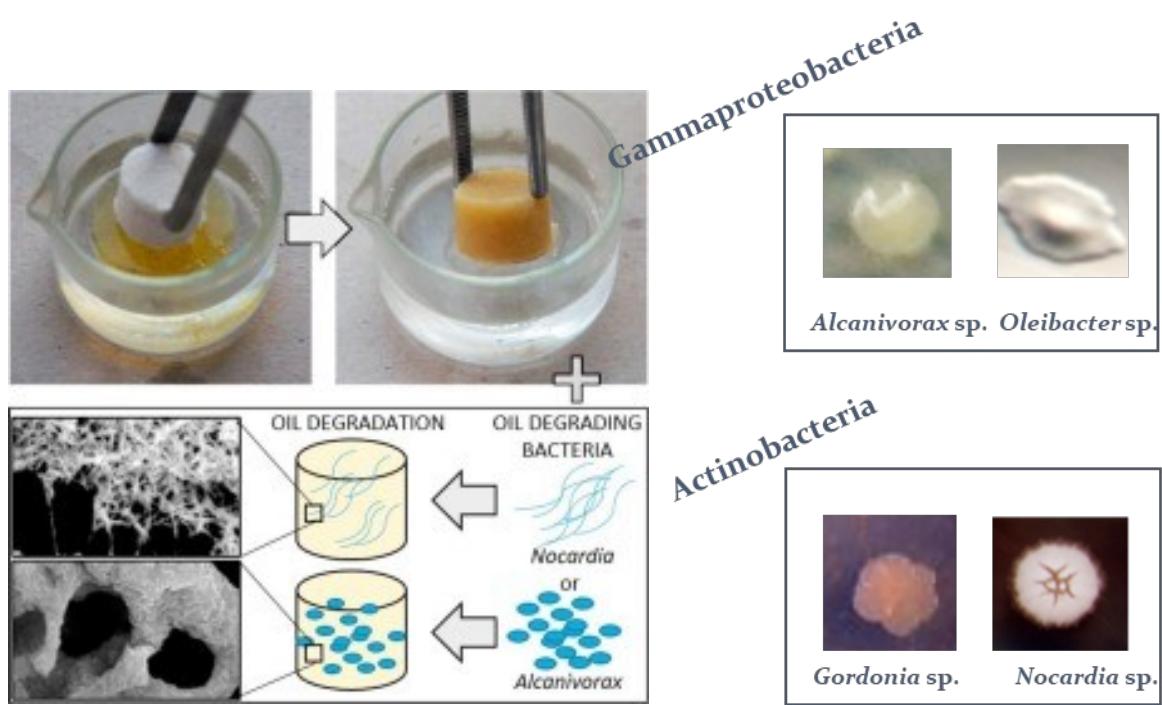
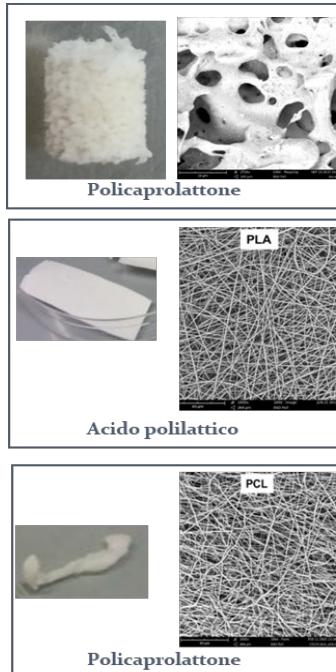
Biodegrading biofilm



Dispositivi per il biorisanamento

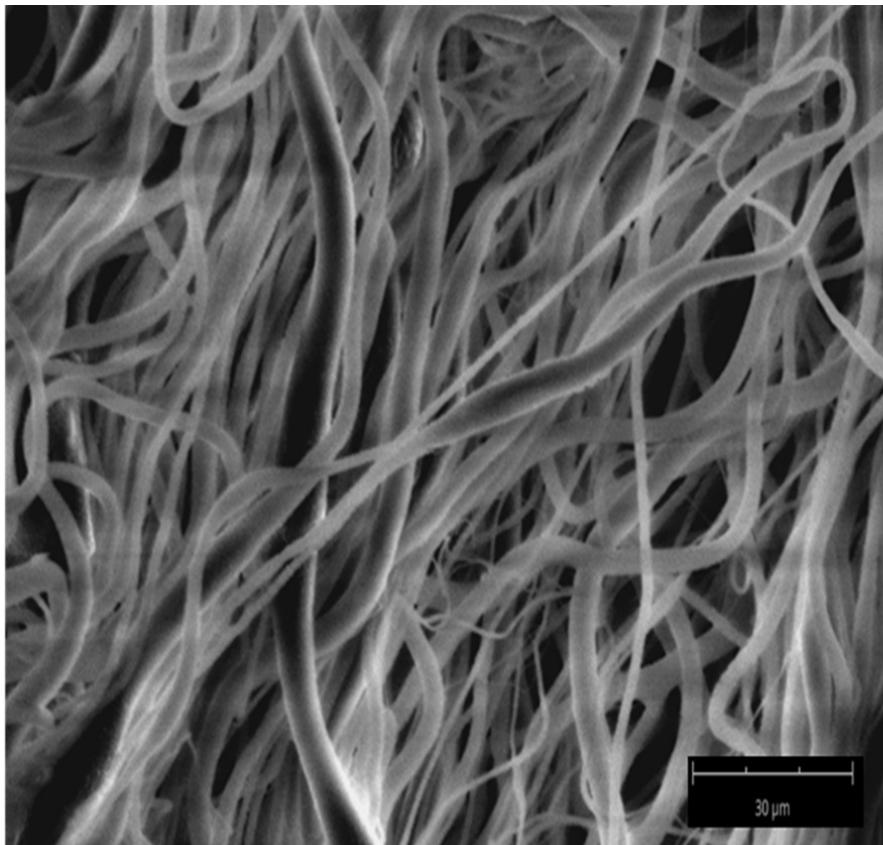
BIOSTIMULATION & BIOAUGMENTATION

biofilm microbici su dispositivi porosi biopolimerici per la biodegradazione di inquinanti organici

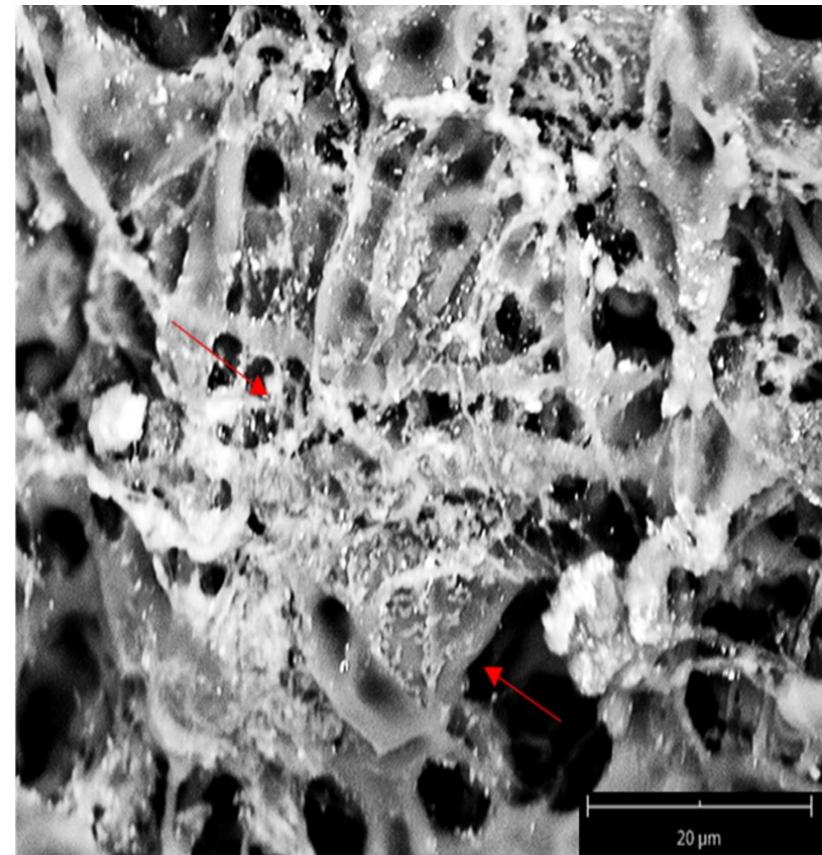


- «Spugne» biopolimeriche biodegradabili a basso costo per l' assorbimento selettivo di rifiuti oleosi dall'acqua
- 500% in peso di assorbimento di petrolio ed elevata riutilizzabilità (fino a 50 cicli)
- Elevata adesione e proliferazione di biofilm batterico nell'intera struttura 3D del biopolimero
- Incremento del 15-20% di biodegradazione di petrolio ad opera di batteri degradatori immobilizzati sulla spugna

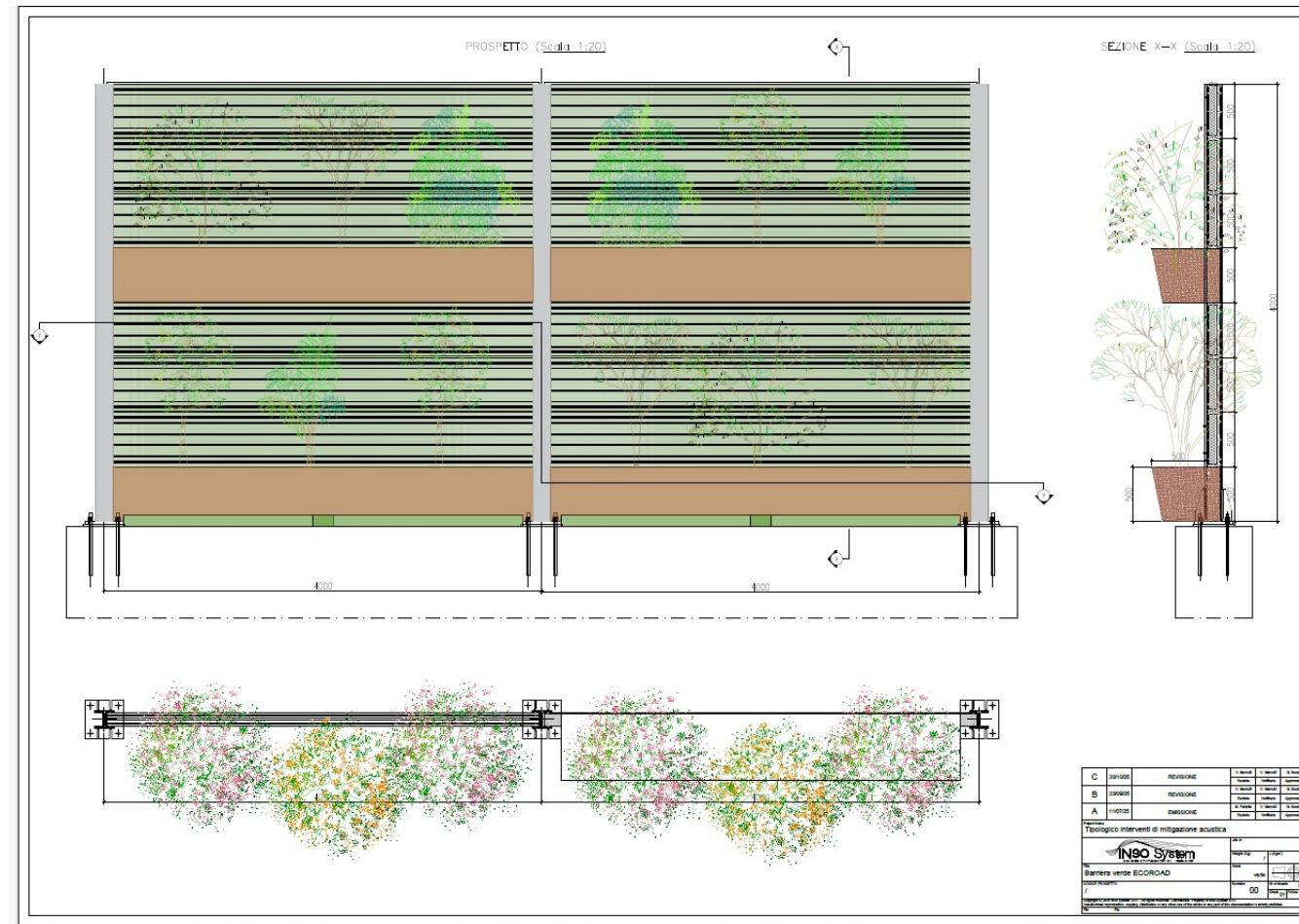
PLA scaffold



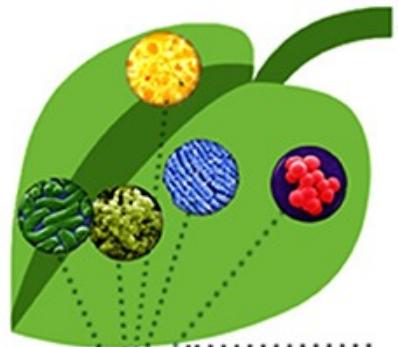
PLA scaffold+BACTERIA



ECOROADS - Barriere innovative per la mitigazione dell'inquinamento acustico e chimico generato dalle strade”

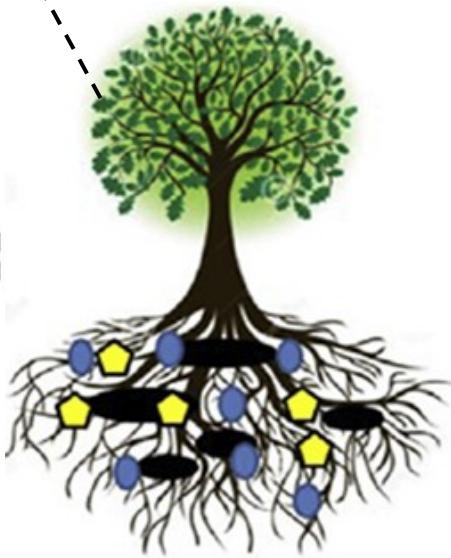
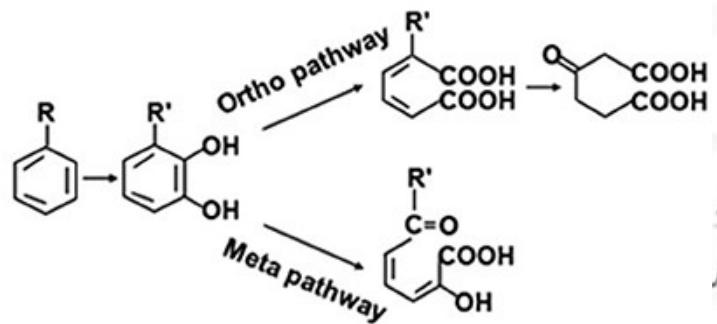


Programma Operativo Nazionale “Ricerca e Innovazione” 2014-2020 (PON “R&I” 2014-2020)



Barriera innovativa antirumore e antismog

+ Hydrocarbon degrading epiphytes



Active biofilm

+Pannelli biopolimerici funzionalizzati con biofilm batterici biodegradatori

+ plant growth promoting bacteria
+ mycorrhizal fungi
+ HC degrading bacteria

ECORoads - Barriere innovative per la mitigazione dell'inquinamento acustico e chimico generato dalle strade"



Il sito della SS121 dove verrà costruita la barriera antirumore antiinquinamento

monitoraggio acustico ante-operam e rilievi della vegetazione (Agosto 2025)



L'essenziale è invisibile agli occhi

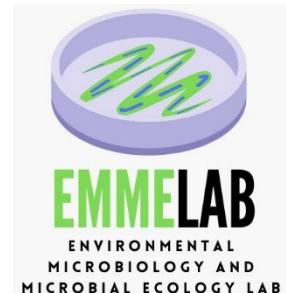
perdita di suolo in città = perdita di vita e salute

i microrganismi sono la «soluzione basata sulla natura» più promettente

Includere i servizi ecosistemici micobici nella costruzione del Piano di Adattamento della Città di Palermo



Centro di Sostenibilità e Transizione
Ecologica di Ateneo



Provincia Regionale di Palermo



Paola Quatrini. Email: paola.quatrini@unipa.it;



ENI Corporate University fellowship