

Il biochar in FERTILIAS: le sue proprietà come ammendante e veicolo per microrganismi



Domanda 5150147 Focus Area 4B

Strategie green di biorisanamento dei suoli per una migliore gestione idrica, dei fertilizzanti e dei pesticidi

Marco Errani – Consulente CINSA

Elena Maestri – CINSA Unità Locale Università di Parma



Benefici derivanti da pratiche di gestione sostenibile e sequestro di carbonio

Multiple benefits of sustainable soil management and SOC sequestration

Indicazioni dalla iniziativa FAO Global Soil Partnership



Food security and nutrition

- Enhance productivity and yields
- Enhance fertility
- Enhance quantity and nutritional quality of food
- Enhance farm income



Ecosystems services

- Water retention
- Erosion prevention
- Maintenance of soil fertility
- Filtration and denaturing of pollutants
- Nutrient cycling
- Moderation of climate
- Increase activity and species diversity of soil biota



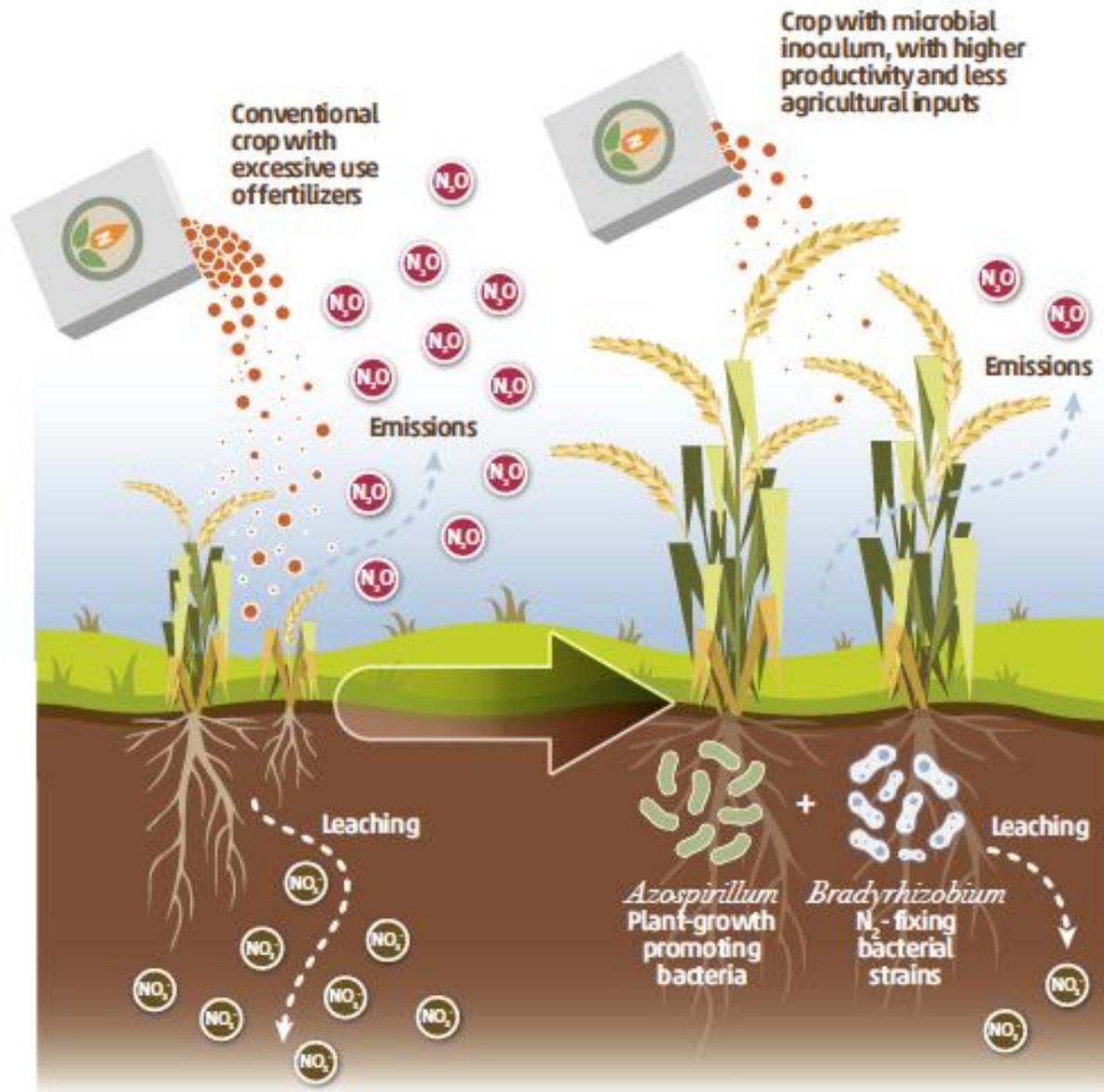
Sustainable development

SDGs 1,2,3,6,12,13,15



Climate change adaptation and mitigation

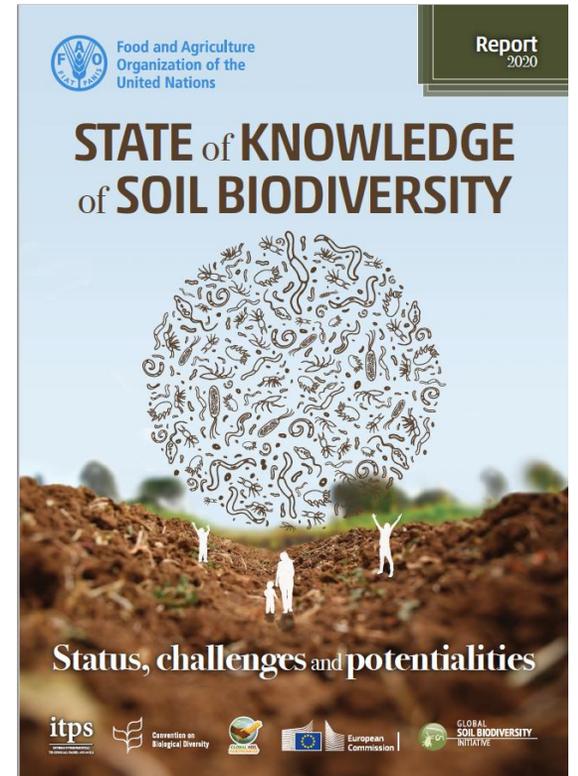
- Increase resilience to droughts and floods
- GHG's balance
- Contribute to reduce global warming
- Climate resilience of agroecosystems and farmers' livelihoods



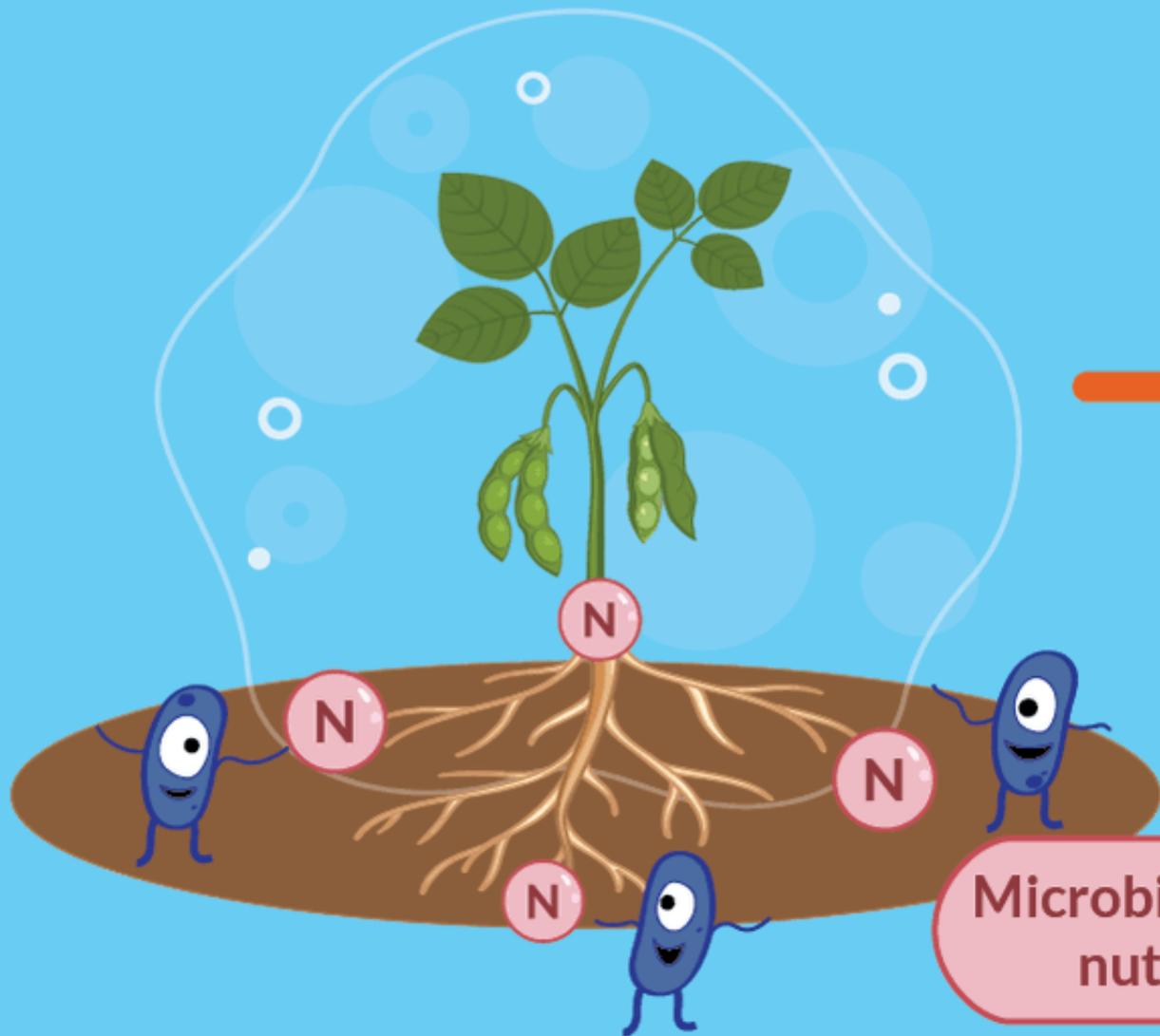
L'inoculo di ceppi batterici azotofissatori (*Bradyrhizobium*) con altri ceppi che promuovono la crescita (*Azospirillum*) potrebbe sostituire parte dei fertilizzanti azotati minerali, riducendo le emissioni di gas serra come N₂O e diminuendo la percolazione di forme reattive dell'azoto, NO₃⁻, che contaminano le falde e gli ecosistemi acquatici e costieri. Inoltre si risparmiano investimenti e capitali.

Figure 4. The co-inoculation of N₂-fixing efficient bacterial strains (*Bradyrhizobium*) with other plant-growth promoting bacteria such as *Azospirillum* in cereals, could replace part of mineral N fertilizers reducing greenhouse gas emissions such as N₂O, and diminishing leaching of reactive forms of nitrogen (NO₃⁻) that contaminate underground water and coastal ecosystems; besides saving investments and capital input.

Indicazioni dalla iniziativa FAO Global Soil Partnership



BENEFITS OF REPLACING CHEMICAL FERTILISERS with microbiome-based biological fertilisers



Lower product costs



Reduced greenhouse gas emissions



Sustainability



Higher crop productivity

Microbiomes provide essential
nutrients like nitrogen

Indicazioni dai più
recenti progetti di
ricerca Horizon2020



Cosa dice la scienza (2022)

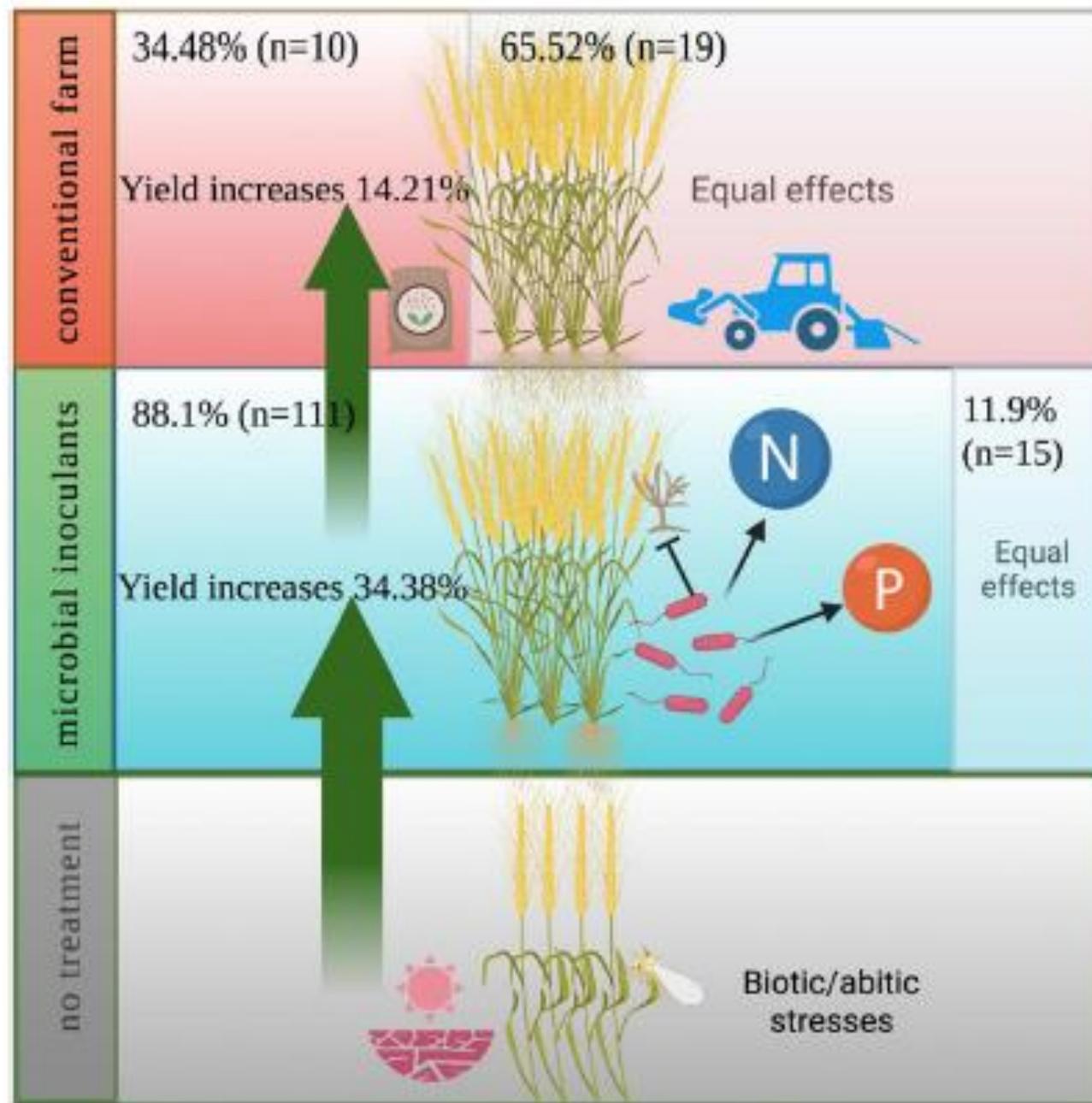
L'uso di microrganismi ha portato a un incremento di rese del 34% rispetto alla assenza di fertilizzazione – nell'88% dei casi

Nel 66% dei casi, inoculanti microbici e fertilizzanti convenzionali avevano effetti simili

Nel 34% dei casi, i fertilizzanti convenzionali avevano effetti migliori

I numeri di studi sono POCHI

E ovviamente il calcolo dei vantaggi ottenuti non può basarsi solo sulle rese



Quanto è difficile aggiungere i microrganismi ai suoli degli agroecosistemi?

- Aggiungere al suolo: come, quando, e cosa
- Interagire con le comunità esistenti: possibili conflitti
- Monitorare: capire se restano, se sono attivi
- Nutrire e stimolare: con ammendanti (es biochar)
- Misurare gli effetti sulle colture





Trichoderma harzianum TH01
Funneliformis mosseae GP11
Septoglomus viscosum GC41
Funneliformis coronatum GU53
Funneliformis caledonium GM24
Komagataella pastoris (nota come *Pichia pastoris*) PP59
Streptomyces sp. SA55
Bacillus amyloliquefaciens BA41
Pseudomonas fluorescens PA29
Agrobacterium radiobacter AR39



Micorrize *Rhizopus intraradices*

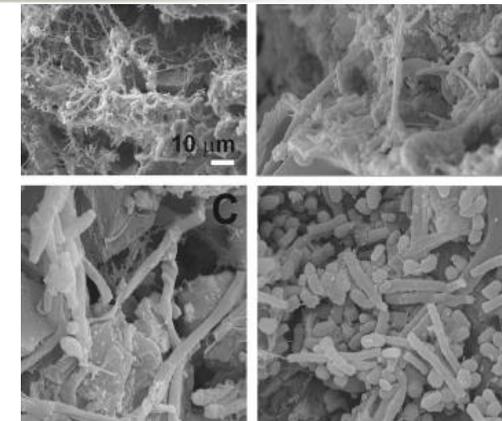
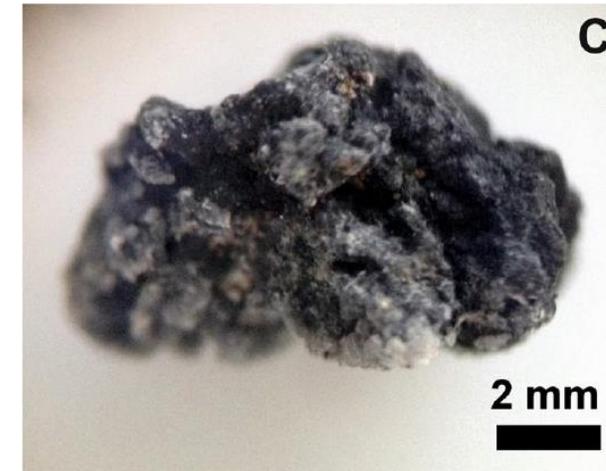
Consorzio B – *Pseudomonas fluorescens*, *Bacillus* sp. E altri

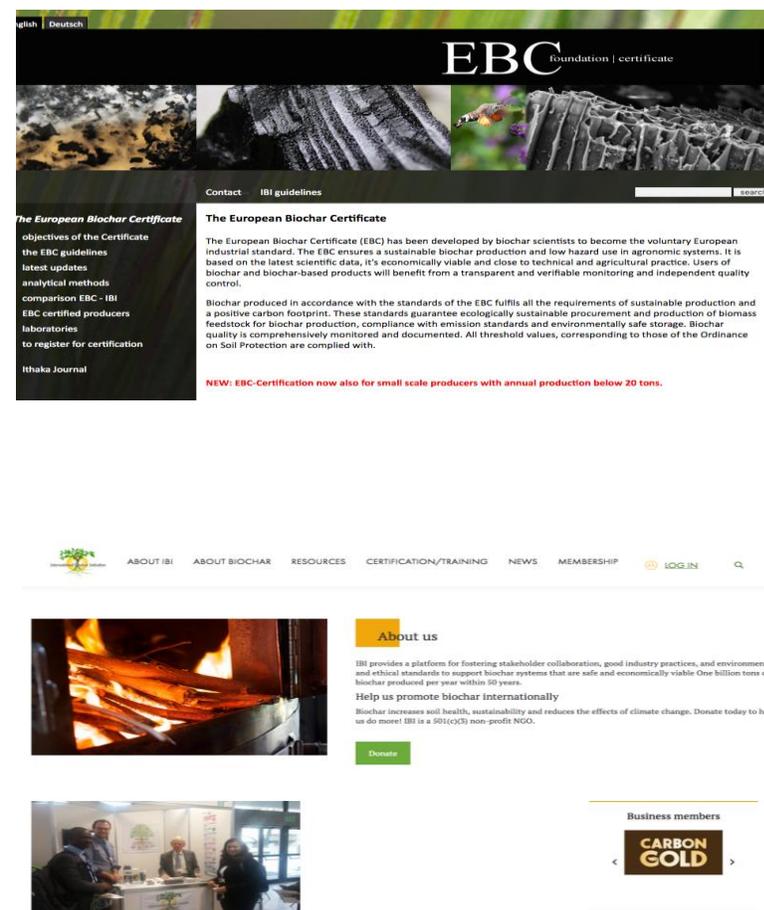
Come si possono distribuire i microrganismi

Risultati dalla ricerca europea

- **METODI**
- Applicazione di concentrate, polveri bagnabili, dispersioni oleose
- Rivestimento di semi in varie forme
- Trattamento per immersione dei semi
- Incapsulamento
- Microbigation, irrigazione con sospensioni
- Fluid drilling

- **CARRIER**
- Materiali inerti come bentonite, argilla, idrossiapatite
- Polimeri naturali, composti biodegradabili es. chitosano
- Nanomateriali a base di carbonio
- Compost
- Digestato
- Biochar, hydrochar





Il biochar è un materiale solido ottenuto dalla conversione termochimica di biomassa a basse concentrazioni di ossigeno. Il biochar si usa come prodotto a se stante, o come componente di una miscela, con molte applicazioni: miglioramento del suolo, migliore efficienza di uso delle risorse, rimediazione o protezione contro l'inquinamento, mitigazione dei gas serra.

Definizione dalle linee guida IBI Biochar Standards (2015)

I materiali utilizzati per la produzione di biochar hanno un impatto diretto sulla natura e sulle proprietà del biochar che si produce

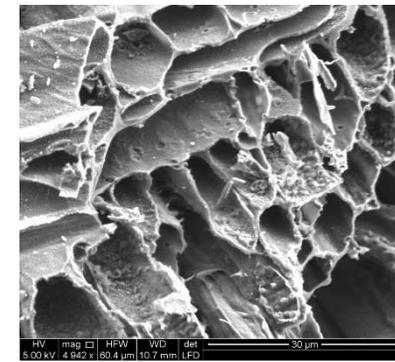
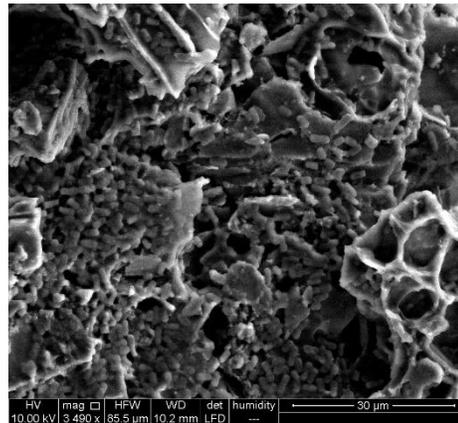
BIOCHAR, UN AMMENDANTE

Recentemente in un'ottica di economia circolare e di sostenibilità ci si è rivolti ai residui di biomasse agro-industriale per ottenere ammendanti organici benefici per il suolo

Il biochar è un materiale naturale ricco di carbonio ottenuto da biomassa per iperriscaldamento con una

fornitura limitata di ossigeno utilizzando moderne tecnologie termochimiche (pirolisi)

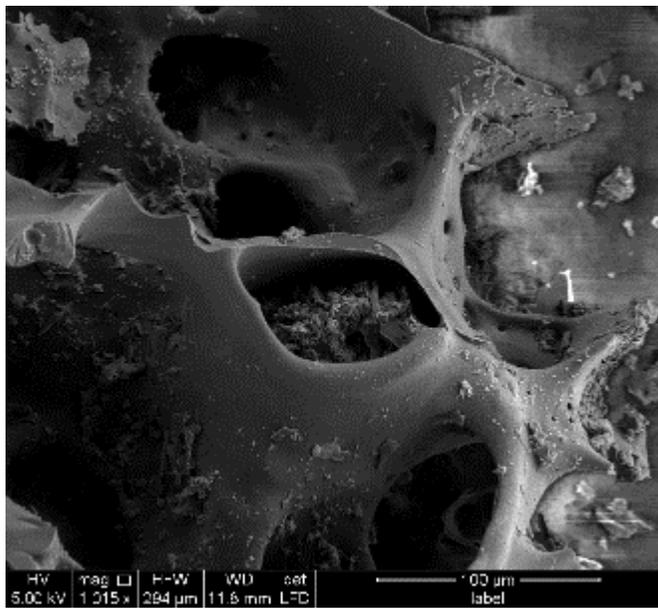
Il suo utilizzo è permesso dal Regolamento (EU) 2019/1009



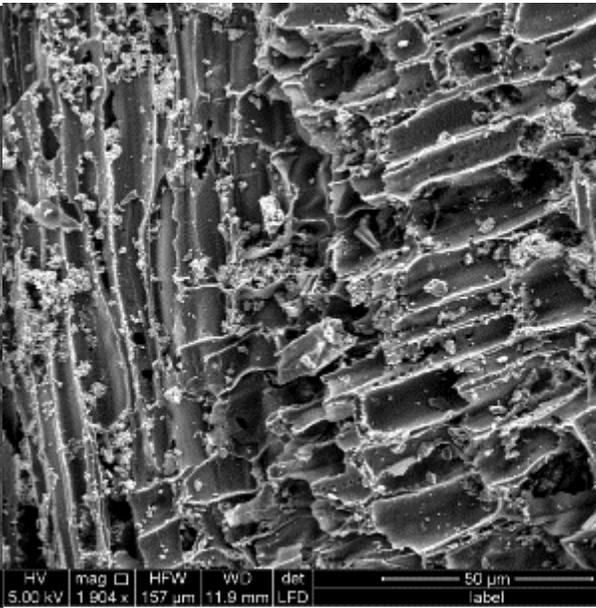
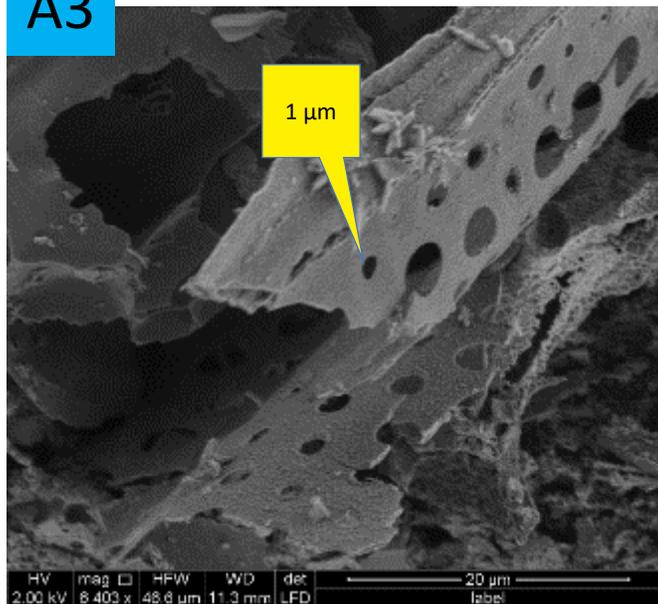
Biochar è considerato come ottimo a trattenere nutrienti del suolo, ed anche acqua, per renderli disponibili alle piante

La sua area di superficie e la struttura porosa lo rendono un ambiente ideale per ospitare batteri e funghi utili per la crescita delle piante

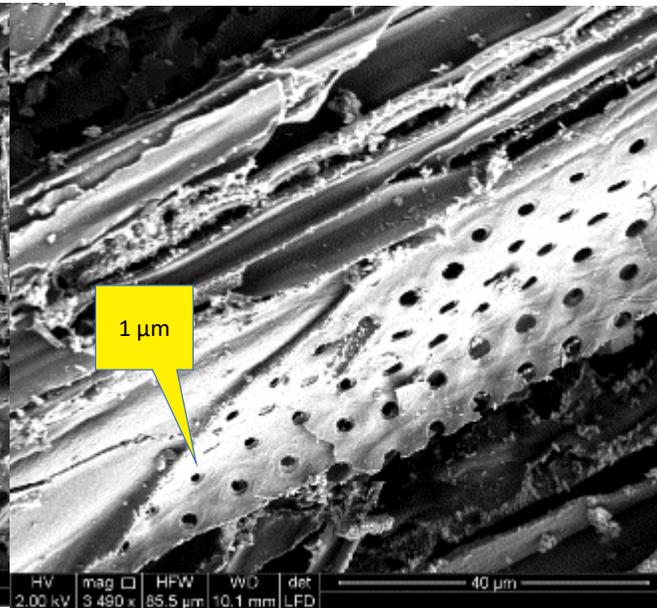
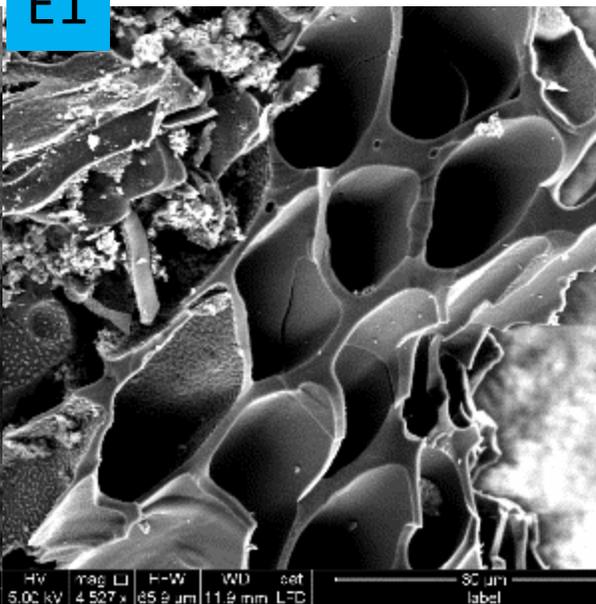
La sua aggiunta nel suolo può aumentare le rese, anche se gli effetti dipendono dalla sua qualità, quantità, dal suolo e dalla specie coltivate in esame



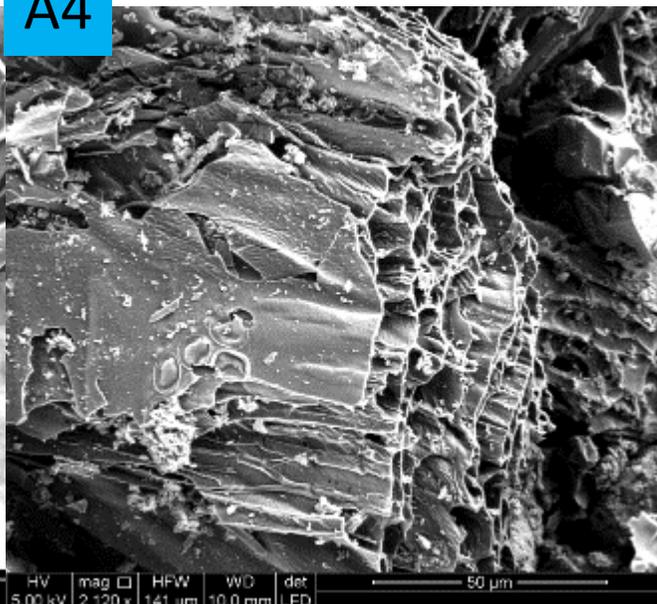
A3



E1



A4



Al microscopio elettronico il biochar appare come una nanostruttura

Riferimenti di legge

D. Lgs. 75/2010,
allegato 2
(ammendanti)

- Il biochar da pirolisi o gassificazione di biomasse vegetali può essere usato come ammendante se rispetta i requisiti di qualità

Regolamento
(UE) 2019/1009
del 5-6-2019

- Il biochar è incluso nell'allegato dei prodotti ammessi come ammendanti se si rispettano determinati criteri per facilitarne l'immissione sul mercato (CMC14 materiale da pirolisi o gassificazione)

FERTILIZZANTI allegato 2 ammendanti – biochar – integrazioni/

N.	DENOMINAZIONE DEL TIPO	MODO PREPARAZ. E COMPONENTI ESSENZIALI	TITOLO MINIMO IN ELEMENTI E/O SOSTANZE UTILI	ALTRE INDICAZIONI CONCERNENTI LA DENOMINAZIONE DEL TIPO	ELEMENTI O SOSTANZE UTILI IL CUI TITOLO DEVE ESSERE DICHIARATO	NOTE
16	Biochar da pirolisi o da gassificazione	Processo di carbonizzazione di prodotti e residui di origine vegetale provenienti dall'agricoltura e dalla silvicoltura, oltre che da sanse di oliva, vinacce, crusconi, noccioli e gusci di frutta, cascami non trattati della lavorazione del legno, in quanto sottoprodotti delle attività connesse. Il processo di carbonizzazione è la perdita di idrogeno, ossigeno e azoto da parte della materia organica a seguito di applicazione di calore in assenza, o ridotta presenza, dell'agente ossidante, tipicamente l'ossigeno. A tale decomposizione termochimica è dato il nome di pirolisi o piroscissione. La gassificazione prevede un ulteriore processo ossido-riduttivo a carico del carbone prodotto da pirolisi.	<p><u>C tot di origine biologica (#) % s.s.</u> ≥ 20 e ≤ 30 (Cl(*)3) > 30 e ≤ 60 (Cl(*)2) > 60 (Cl(*)1)</p> <p>Salinità mS/m ≤ 1000 (§)</p> <p>pH (H₂O) 4-12</p> <p>Umidità % ≥ 20</p> <p>per prodotti polverulenti (°)</p> <p><u>Ceneri % s.s.</u> > 40 e ≤ 60 (Cl(*)3) ≥ 10 e ≤ 40 (Cl(*)2) < 10 (Cl(*)1)</p> <p><u>H/C (molare) $\leq 0,7$</u></p>	È obbligatorio indicare il tipo di processo utilizzato (pirolisi o gassificazione) e la tipologia di biomassa utilizzata	<p>Umidità %</p> <p>C tot di origine biologica(#) % s.s.</p> <p>Ceneri % s.s.</p> <p>pH</p> <p>salinità mS/m (per litro di prodotto tal quale)</p> <p>Granulometria % s.s. (passante mm 0,5-2-5)</p> <p>azoto tot % s.s.</p> <p>potassio tot % s.s.</p> <p>fosforo tot % s.s.</p>	<p>(#) sottratto il C da carbonati</p> <p>(*) classe di qualità</p> <p>(§) ≤ 100 per utilizzo nei substrati per ortoflorovivaismo</p> <p>(°) prodotto polverulento: la frazione < 2 mm risulta $> 50\%$</p> <p>Sono inoltre fissati i seguenti parametri chimico-biologici:</p> <p><u>IPA < 6 mg/kg s.s.</u></p> <p>Test fitotossicità/ accrescimento (UNI EN 16086-1:2012 prova di crescita in vaso con orzo estivo dosi del 25% e 50%: l'inibizione alla germinazione e crescita $\leq 25\%$)</p> <p>E' consentito inoltre dichiarare i seguenti titoli/valori:</p> <p>calcio tot % s.s.</p> <p>magnesio tot % s.s.</p> <p>sodio tot % s.s.</p> <p>massima ritenzione idrica</p>



LEGISLAZIONE NAZIONALE ITALIANA - REQUISITI



REQUISITI DA RISPETTARE	VALORE	NOTE
→ C_{tot} di origine biologica (C_{org} % s.s.)	≥ 20	> 60 CL 1 / 30-60 CL 2
→ Ceneri 550°C (% s.s.)	≤ 60	< 10 CL 1 / 10-40 CL 2
→ pH	4-12	
Conducibilità elettrica (mS/m)	≤ 1000	≤ 100 in substrati coltivazione
Umidità (% m/m)	≥ 20	per prodotti polverulenti
→ Rapporto molare H: C_{org}	$\leq 0,7$	
Saggio di crescita	idoneo	con orzo primaverile o cavolo cinese
Piombo (Pb mg/kg s.s.)	≤ 140	limite ammendanti
Cadmio (Cd mg/kg s.s.)	$\leq 1,5$	limite ammendanti
Rame (Cu mg/kg s.s.)	≤ 230	limite ammendanti
Zinco (Zn mg/kg s.s.)	≤ 500	limite ammendanti
Nichel (Ni mg/kg s.s.)	≤ 100	limite ammendanti
Mercurio (Hg mg/kg s.s.)	$\leq 1,5$	limite ammendanti
Cromo VI (Cr VI mg/kg s.s.)	$\leq 0,5$	limite ammendanti
→ IPA (mg/kg s.s.)	≤ 6	$\sum IPA_{16}$
Diossine/Furani (ng/kg TEQ s.s.)	≤ 9	
PCB (mg/kg)	$\leq 0,5$	

Gazzetta ufficiale dell'Unione europea del regolamento esecutivo (UE) 2019/2164 che integra gli allegati del Reg CE 889/08 relativo alla *produzione biologica*

L 328/66

IT

Gazzetta ufficiale dell'Unione europea

18.12.2019

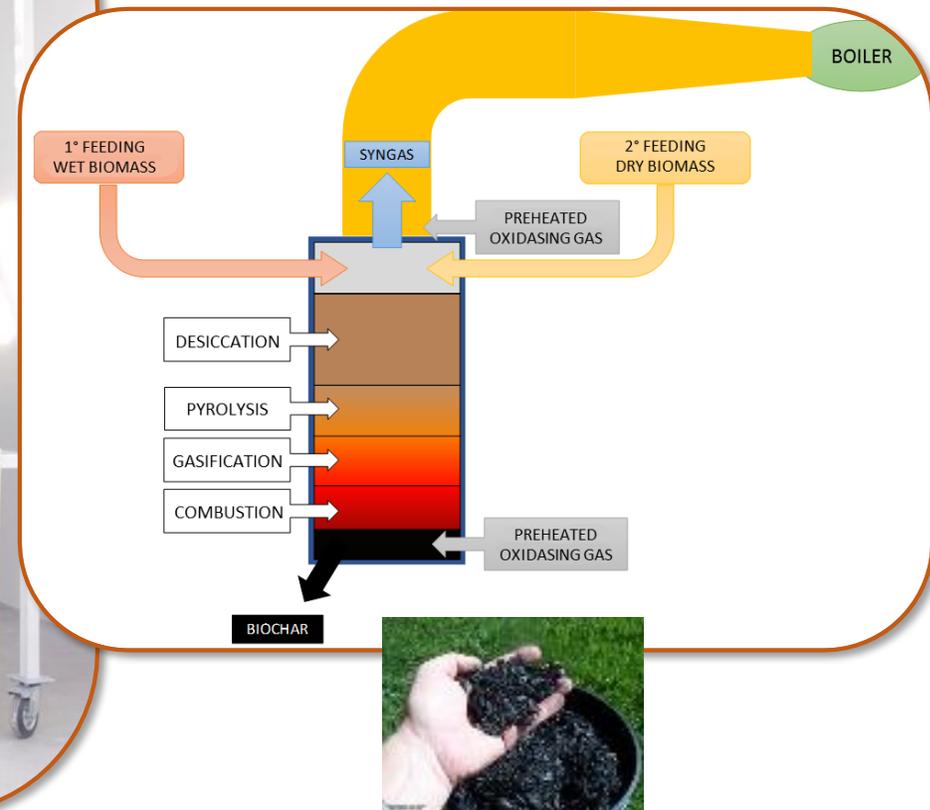
Autorizzazione	Denominazione Prodotti composti o contenenti unicamente le sostanze di seguito elencate	Descrizione, requisiti di composizione, condizioni per l'uso
B	Biochar - prodotto della pirolisi ottenuto da un'ampia gamma di materiali organici di origine vegetale e impiegato come ammendante	Solo da materiali vegetali, non trattati o trattati con prodotti figuranti all'allegato II Valore massimo di <u>4 mg di idrocarburi policiclici aromatici (IPA)</u> per kg di sostanza secca. Il valore è riveduto ogni due anni, tenendo conto del rischio di accumulo dovuto ad applicazioni multiple»

(¹) Regolamento (UE) n. 142/2011 della Commissione, del 25 febbraio 2011, recante disposizioni di applicazione del regolamento (CE) n. 1069/2009 del Parlamento europeo e del Consiglio recante norme sanitarie relative ai sottoprodotti di origine animale e ai prodotti derivati non destinati al consumo umano, e della direttiva 97/78/CE del Consiglio per quanto riguarda taluni campioni e articoli non sottoposti a controlli veterinari alla frontiera (GU L 54 del 26.2.2011, pag. 1).

(²) Regolamento (CE) n. 2003/2003 del Parlamento europeo e del Consiglio, del 13 ottobre 2003, relativo ai concimi (GU L 304 del 21.11.2003, pag. 1).»

Processo per la produzione di biochar

Pirogassificazione 500-700°C



Quali benefici apporta il biochar – in poche parole

- Riduce gli scarti
- Produce energia pulita e rinnovabile
- È un ammendante che trattiene carbonio e rende il suolo più fertile
- Combatte i cambiamenti climatici
- Nelle sue diverse applicazioni si possono ottenere tutti o alcuni di questi vantaggi

BIOCHAR
FIXES
CARBON

BIOCHAR

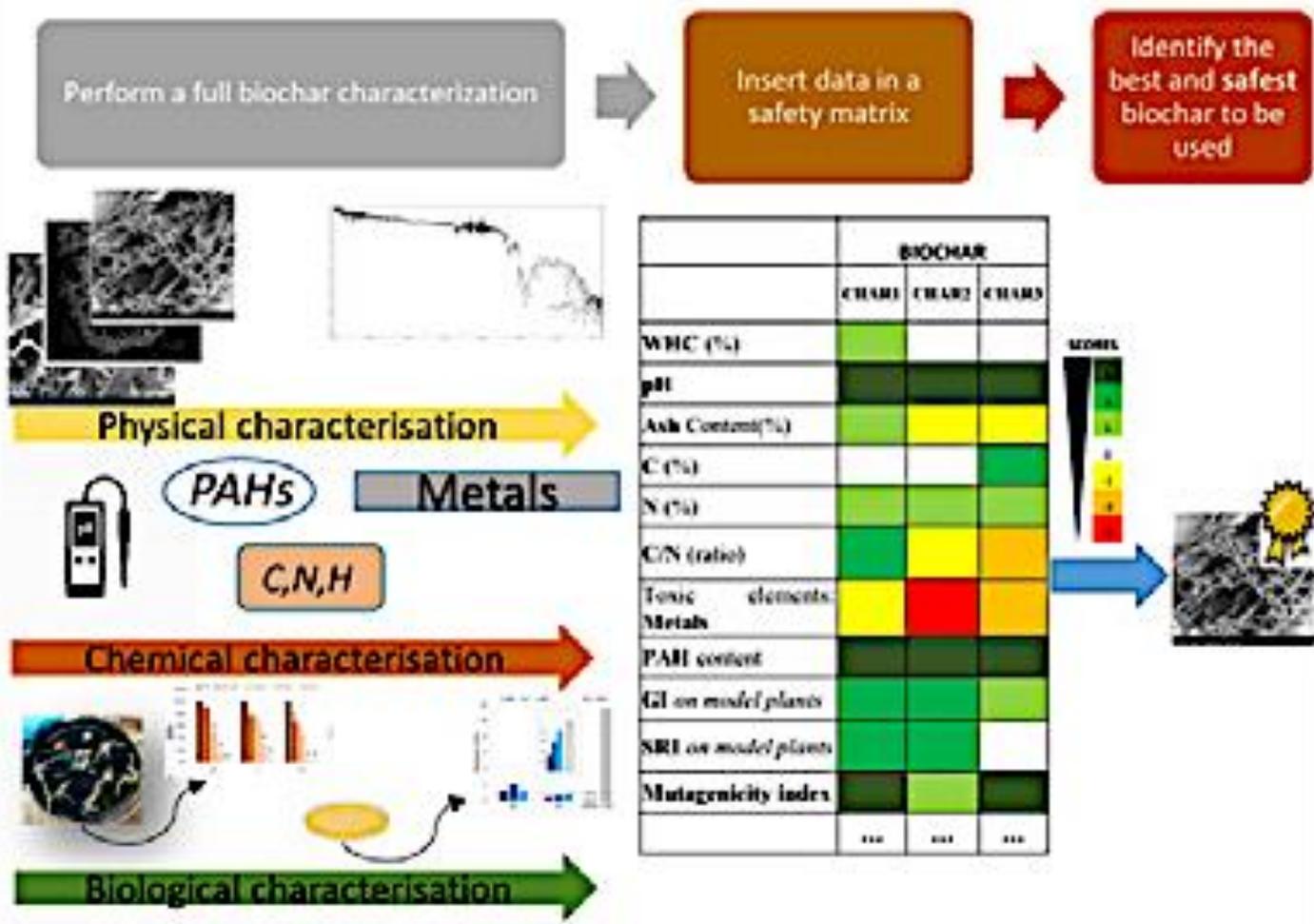
“Biochar- the Carbon Wrench”

The world has a carbon problem. Some places (the atmosphere) have too much of it. Other places (soil and farmland) have too little carbon. Biochar fixes the carbon cycle in a way that benefits people and nature. Biochar fixes carbon by taking it out of the atmosphere and putting it into soil and products for human use. Carbon is not bad, it is just in the wrong place. Biochar fixes our relationship to carbon. Carbon is Life!

BIOCHAR FIXES:

- Biochar fixes drought conditions by holding water in soil
- Biochar fixes fertilizer shortages by holding nutrients in soil
- Biochar fixes dead soil by improving conditions for beneficial soil microbes
- Biochar fixes smelly manure and compost by supporting good microbes, balancing C:N and retaining nutrients
- Biochar fixes polluted soil by immobilizing heavy metals and other contaminants
- Biochar fixes flooding by improving rainwater infiltration
- Biochar fixes eutrophication by absorbing nitrogen in water bodies
- Biochar fixes drinking water by filtering out contaminants
- Biochar fixes building material impacts when used as a substitute for resource-intensive components of asphalt, concrete and other building materials
- Biochar fixes human health and well-being as an ingredient in health and beauty products and for management of human sanitation
- Biochar fixes animal health when used as an animal feed supplement and for manure management and sanitation
- Biochar fixes forest fires by converting excess fuel loads to water-holding soil

Biochar: Safe, Scalable, and Shovel Ready.



- Le linee guida internazionali richiedono la caratterizzazione del biochar e una certificazione di qualità
- Sono necessari specifici approcci per svolgere la caratterizzazione e per validare la applicazione del biochar
- La valutazione della genotossicità può essere parte della caratterizzazione del biochar
- I metodi di caratterizzazione fisico-chimici e biologici si complementano a vicenda
- Nel complesso, questo aiuta a generare una valutazione di qualità e di sicurezza

CARATTERIZZAZIONE DEL BIOCHAR

Analisi	Riferimento	Risultato Char FERTILIAS (campo 2021)	Unità di misura
pH	UNI EN 13037	8,24 ± 0,18	
CE	UNI EN 13038	56,705 ± 6,05	mS/m
Densità apparente	UNI EN 13038	0,32 ± 0,015	g/cm ³
Classi granulometriche	UNI EN 15428	> 20mm: 0% 20mm>x>10mm: 0,5% 10mm>x>5mm: 17,3% 5mm>x>2mm: 30,8% 2mm>x>1mm: 16,9% <1mm: 34,6%	%
Sostanza organica	UNI EN 13039	89,97 ± 0,05	%
Ceneri	UNI EN 13039	10,03 ± 0,05	%
Umidità residua	UNI EN 13040	8,23 ± 0,18	%
Sostanza secca	UNI EN 13040	91,77 ± 0,18	%
Contenuto metalli	/	Cd: 1,517 ± 0,63 Ni: 21,55 ± 1,80 Cu: 23,26 ± 5,53 Pb: under detection limit Zn: 59,79 ± 6,71 Cr: under detection limit Fe: 7389,35 ± 2005,80	mg/kg

ESPERIMENTO MACROCOSMO 2020



Consorzio Interuniversitario Nazionale
per le Scienze Ambientali



UNIONE EUROPEA
Fondo Europeo Agricolo
per lo Sviluppo Rurale
Regione Emilia-Romagna
L'Europa investe nelle zone rurali



Cultivar: HEINZ3402

Trattamenti:

- 1) Controllo
- 2) Leca
- 3) Leca + **Micosat**
- 4) Char
- 5) Char + **Micosat**
- 6) Char + **Micorrize (AMF) (*R. intraradices*)**
- 7) Char + Consorzio microbico B+ AMF
- 8) Char + Consorzio microbico C+ AMF

Modalità di somministrazione:

- 1 grammo di ogni consorzio è stato somministrato per ogni pianta
- 2 applicazioni
- 4 piante per ogni condizione analizzata

Caratteri misurati:

Efficienza fotosintetica SPAD e resistenza stomatica, N° di frutti, Rami (cm), Maturazione, Produzione verde (%), peso medio del frutto (gr), peso prodotto marcio (kg), peso marcio apicale (kg), Produzione totale (kg), Produzione commerciale (%), Produzione verde (%), Produzione marcio (%), Produzione marcio apicale (%), °brix, Brix (k(Kg °brix/ha), stato di salute, raccolta anche di terriccio rizosferico, foglie e pomodori.

ESPERIMENTO MACROCOSMO 2020



19.06.2020



29.06.2020



28.07.2020



10.09.2020



I tassi di traspirazione fogliare sono stati invece raccolti per mezzo di un porometro **AP4** (Delta-T Devices), uno strumento in grado di rilevare in modo accurato e riproducibile (anche in campo) la conduttanza stomatica fogliare.

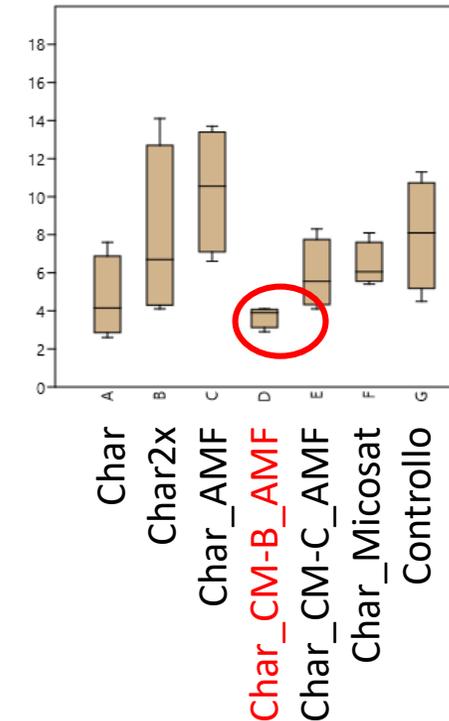


Il contenuto di clorofilla delle piante è stato misurato tramite lo strumento **SPAD-502**. Il misuratore agisce in maniera delicata, senza tagliare o danneggiare in alcun modo le foglie su cui è effettuata l'analisi.

ESPERIMENTO MACROCOSMO 2020

		Controllo	Biochar	Biochar + Micosat	Biochar + AMF	Leca	Leca + Micosat	Char + C+ AMF	Char + B + AMF
SPAD 27_7_20	Media	48.9	47.8	50.2	45.7	51.9	52.0	47.6	49.0
	Dev ST	3.5	4.5	4.3	5.0	4.7	3.2	1.3	4.3
SPAD_4_9_20	Media	45.9	45.1	46.1	44.6	45.7	47.0	40.9	46.5
	Dev ST	4.6	5.4	4.0	4.8	3.6	5.5	3.1	3.5
Resistenza_9_9_20	Media	1.92	1.88	1.93	1.73	1.54	1.75	1.80	1.80
	Dev ST	0.34	0.25	0.17	0.17	0.09	0.62	0.75	0.80

Il parametro influenzato dal trattamento
 CHAR+MC-B+AMF è la % di prodotto
 marcio ($p < 0.05$)



ESPERIMENTO MACROCOSMO 2021



Cultivar: HEINZ3402

Trattamenti:

1. Tesi aziendale
2. Biochar
3. Biochar + Micosat
4. Biochar + AMF
5. Leca
6. Leca + Micosat
7. A-B-C Biochar + AMF + MC (3 diverse combinazioni)
8. Biochar + MC

		Tesi aziendale	Biochar	Biochar + Micosat	Biochar + AMF	Leca	Leca + Micosat	CHAR + AMF + CM 2020	CHAR + CM 2021	CHAR +AMF+ CM 2-21	CHAR + AMF + CM 4-21
SPAD 19_5_21	Media	41.2	40.8	40.3	41.6	42.4	43.0	42.54	42.71	43.62	41.77
	Dev ST	1.0	3.1	1.0	2.2	1.9	1.6	2.37	2.73	2.37	1.46
SPAD_4_6_21	Media	59.7	56.8	57.7	55.8	58.7	57.4	57.40	57.81	56.07	59.82
	Dev ST	2.0	2.6	2.1	3.4	0.9	4.1	3.28	3.55	3.28	4.42
SPAD_14_7_21	Media	46.8	45.7	45.5	50.0	48.9	46.7	44.61	46.37	50.50	48.78
	Dev ST	2.2	2.6	3.1	4.6	1.4	2.4	1.53	2.08	1.53	2.98
Resistenza_16_6_22	Media	1.92	1.88	1.93	1.73	1.54	1.75	1.65	1.62	1.70	1.53
	Dev ST	0.34	0.25	0.17	0.17	0.09	0.62	0.04	0.03	0.06	0.03
Resistenza_14_7_21	Media	0.75	0.68	0.72	1.14	0.69	0.66	0.61	0.56	0.62	0.52
	Dev ST	0.07	0.07	0.02	0.76	0.10	0.02	0.30	0.40	0.21	0.30

ESPERIMENTO MACROCOSMO 2021



Cultivar: HEINZ3402

Trattamenti:

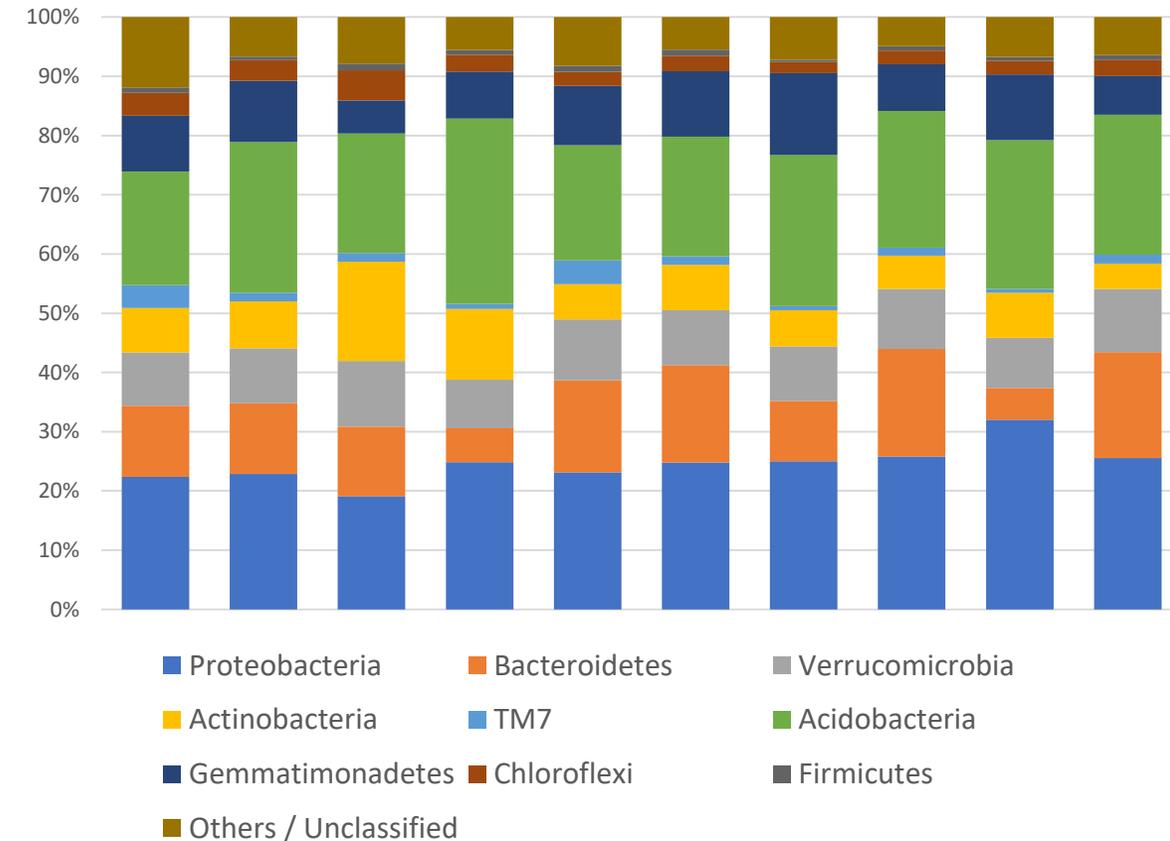
1. Tesi aziendale
2. Biochar
3. Biochar + Micosat
4. Biochar + AMF
5. Leca
6. Leca + Micosat
7. A-B-C Biochar + AMF + MC (3 diverse combinazioni)
8. Biochar + MC

- Gli effetti dei trattamenti sono stati: la **resa commerciale** nei trattamenti con char + AMF + CM (tutte le tre combinazioni) e anche char + CM
- si riscontrata una minore resistenza nelle piante cresciute con **Leca** rispetto alle altre condizioni nella misurazione di giugno

		Tesi aziendale	Biochar	Biochar + Micosat	Biochar + AMF	Leca	Leca + Micosat	CHAR + AMF + CM 2020	CHAR + CM 2021	CHAR +AMF+ CM 2-21	CHAR + AMF + CM 4-21
SPAD 19_5_21	Media	41.2	40.8	40.3	41.6	42.4	43.0	42.54	42.71	43.62	41.77
	Dev ST	1.0	3.1	1.0	2.2	1.9	1.6	2.37	2.73	2.37	1.46
SPAD_4_6_21	Media	59.7	56.8	57.7	55.8	58.7	57.4	57.40	57.81	56.07	59.82
	Dev ST	2.0	2.6	2.1	3.4	0.9	4.1	3.28	3.55	3.28	4.42
SPAD_14_7_21	Media	46.8	45.7	45.5	50.0	48.9	46.7	44.61	46.37	50.50	48.78
	Dev ST	2.2	2.6	3.1	4.6	1.4	2.4	1.53	2.08	1.53	2.98
Resistenza_16_6_22	Media	1.92	1.88	1.93	1.73	1.54	1.75	1.65	1.62	1.70	1.53
	Dev ST	0.34	0.25	0.17	0.17	0.09	0.62	0.04	0.03	0.06	0.03
Resistenza_14_7_21	Media	0.75	0.68	0.72	1.14	0.69	0.66	0.61	0.56	0.62	0.52
	Dev ST	0.07	0.07	0.02	0.76	0.10	0.02	0.30	0.40	0.21	0.30

2022

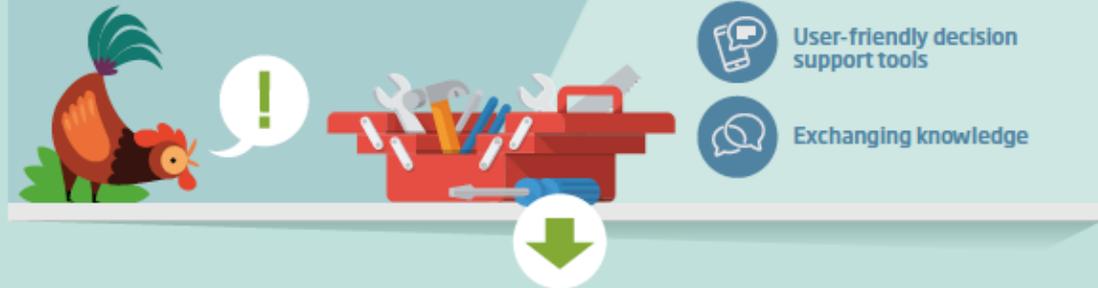
Nel 2022, i risultati ottenuti confermano l'effetto positivo della condizione di trattamento CHAR_AMF_MC_B, che ha determinato i valori più elevati per la produzione totale e commerciale e per l'indice Brix, rispetto alla condizione CONTROLLO o al solo CHAR.



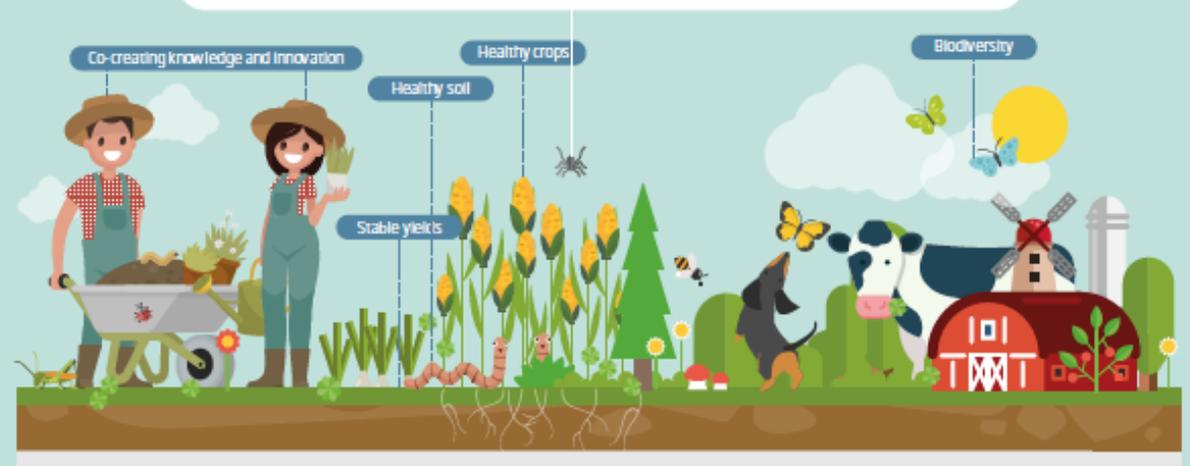
Challenges in farming and forestry



Tools to support the transition to agro-ecology



On-farm resilience and sustainability through agro-ecology



Grazie per l'attenzione

Nelson Marmiroli
Marta Marmiroli
Marco Errani
Davide Imperiale
Laura Paesano
Francesca Mussi
Urbana Bonas
Marina Caldara
Mariolina Gullì
Sara Graziano