

Ottobre 2023

Linee guida

Gestione agronomica sostenibile

Il progetto

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

FOCUS AREA 4B 2020-2023

Presentazione

Il progetto FERTILIAS ha dimostrato che l'applicazione di biochar e di biochar in combinazione con biostimolanti può influenzare positivamente le proprietà del suolo e la produttività delle colture. Gli studi sono stati condotti su un terreno agricolo coltivato a pomodoro trattato con basse dosi di biochar (circa lo 0,1%) e diversi biostimolanti: Micosat F®, funghi micorrizici arbuscolari (AMF), oppure un consorzio di *Pseudomonas fluorescens*, *Bacillus* sp., e un batterio azotofissatore. I trattamenti con biochar e biostimolanti hanno influito sulla mobilità di carbonio e azoto ed effetti positivi sono stati osservati nella quota maggiore di produzione commercializzabile di pomodoro. Parallelamente, non si riscontrano cambiamenti nelle popolazioni microbiche rizosferiche. Le analisi economiche evidenziano maggiori ricavi che compensano i maggiori costi richiesti per la fertilizzazione con microrganismi.



Questo documento di linee guida discute alcuni degli argomenti affrontati nel corso del progetto ricavandone indicazioni e raccomandazioni per operatori del settore e utenti interessati.

Applicazione di biochar e microrganismi

Scelta e applicazione di consorzi microbici utili

I prodotti a base di microrganismi che promuovono la crescita delle piante (Plant Growth Promoting Microorganisms, PGPM), così come altri biostimolanti, sono commercializzati come interventi che aumentano l'efficienza della nutrizione, la tolleranza a stress e caratteristiche qualitative delle produzioni, pur senza essere veri e propri fertilizzanti. L'attuale Regolamento (EU) 2019/1009 li definisce prodotti che stimolano i processi ma senza fornire direttamente nutrienti. Le funzioni potenzialmente fornite dai microrganismi includono: 1-facilitare l'assunzione di nutrienti (N, P, Fe) e acqua; 2- modulare gli equilibri ormonali; 3-rilasciare composti volatili di segnalazione e siderofori; 4-rinforzare le difese contro gli stress abiotici.

Gli esempi più diffusi sono *Pseudomonas* spp., *Bacillus* spp., *Rhizobium* spp., *Trichoderma* spp., e funghi micorrizici. I microrganismi possono essere applicati singolarmente o in combinazioni (consorzi) seguendo le dosi e le modalità consigliate dai produttori, nel caso di prodotti commerciali. Semi trattati con pesticidi, fungicidi o altri prodotti potrebbero interferire con l'efficacia dei consorzi e si deve in questi casi procedere con cautela, optando se possibile per semi non concitati. L'applicazione deve integrarsi con le normali pratiche agronomiche, ad esempio durante la semina se i prodotti sono in forma di polvere, ma si deve prestare attenzione a non trasportare i microrganismi a colture che non devono essere trattate. Pertanto si può considerare l'ipotesi di sterilizzare gli strumenti o le macchine, ad esempio con etanolo. Altri trattamenti con prodotti chimici o per la lavorazione dei suoli possono interferire con la applicazione dei microrganismi. Nel caso del pomodoro potrebbe essere interessante imbibire la terra delle piantine di pomodoro con una soluzione contenente i microrganismi, appena prima del trapianto. Per migliorare le prestazioni dei biostimolanti, si possono combinare con ammendanti che possano modificare alcuni parametri del suolo, come pH, capacità di scambio cationico, contenuto di sostanza organica, ritenzione di acqua.

Ruolo del biochar come veicolo per microrganismi e modalità di applicazione

Il biochar costituisce il residuo solido dei processi di pirolisi o di gassificazione di biomasse di origine vegetale, ed è una sostanza ricca di carbonio e minerali. Molti studi ne hanno dimostrato gli effetti sulla chimica del suolo, ma sono ancora necessarie ricerche per dimostrarne l'efficacia come sostegno per lo sviluppo di funghi e batteri biostimolanti, soprattutto con prove in campo. Grazie alla struttura porosa del biochar, i microrganismi possono crescere nelle cavità e resistere a stress ambientali. Nel progetto FERTILIAS, il biochar è stato distribuito al suolo in modo uniforme, prima del trapianto delle piantine di pomodoro, mentre i consorzi microbici sono stati applicati direttamente in corrispondenza delle piante. Tuttavia esistono altri metodi per "caricare" il biochar di microrganismi, ad esempio bagnando il biochar con sospensioni batteriche, oppure utilizzando il biochar come substrato di crescita delle piantine prima del trapianto.

Il biochar è d'altra parte un ammendante sostenibile che:

- Aumenta il carbonio organico del suolo e migliora la salute del suolo
- Aumenta l'umidità del suolo
- Migliora la ritenzione dei nutrienti
- Incrementa l'attività microbica
- Riduce il compattamento
- Riduce l'acidità del suolo
- Sequestra carbonio (in futuro fornirà crediti)

Per ulteriori informazioni sul biochar si consiglia di fare riferimento all'Associazione Italiana Biochar (iChar) consultando il sito <http://ichar.org>.

I materiali di partenza (feedstock)

Esistono diversi produttori di biochar con vari gradi di certificazione. Dal punto di vista della sostenibilità, la fonte migliore per il biochar sarebbe quella locale (entro 80 km), ottenuta da un potenziale scarto o residuo. Il biochar si produce da ogni forma di materiale organico: scarti dell'agricoltura, della silvicoltura, sottoprodotti di produzione, cascami della lavorazione del legno. La stagionalità della produzione delle biomasse è un fattore rilevante, perché la biomassa deve perdere umidità ed essere processata in tempi relativamente brevi per poi distribuire il biochar ottenuto entro 1 anno.

Nel progetto FERTILIAS, viste le quantità richieste, il biochar per le prove in campo è stato acquistato presso una ditta specializzata.

Gli impianti di pirolisi

La produzione di biochar da biomasse si ottiene per pirolisi, un processo in assenza di ossigeno che opera una conversione termochimica dai materiali organici a temperature di 350-1000°C. Si ottengono biocombustibili, e precisamente olio, syngas, idrogeno, insieme a calore e biochar. Gli impianti convenzionali operano su materiali a basso contenuto di umidità e alto contenuto di lignina e cellulosa. La resa di biochar è solitamente intorno al 30%, ad esempio, 15 q di biochar da 50 q di biomassa.

I partner del progetto FERTILIAS hanno avuto accesso anche a un pirogassificatore prototipale in grado di utilizzare matrici ad alto tenore di umidità, fino a 30-50%, e di miscelare più matrici insieme. Per le prove in serra è stato utilizzato biochar da cippato di legno prodotto con il prototipo.

L'impianto prototipale utilizza un motore esotermico per cui la frazione gassosa prodotta per pirolisi passa direttamente nella camera di combustione adiacente non dissociandosi in tar e syngas. In questo modo vengono eliminati i consumi di energia elettrica e le perdite di energia termica per la purificazione del syngas, permettendo quindi di essere alimentato da una biomassa eterogenea.

Caratteristiche del biochar

Il biochar è solitamente basico con valori di pH maggiori di 8,5 e quindi può avere un effetto moderatore del pH in suoli tendenti all'acidità contrastando i processi di acidificazione. Il pH e altre caratteristiche della superficie dipendono dalla matrice di provenienza e dalle temperature di pirolisi. Quando il pH supera il valore di 10 si richiede particolare cautela nell'utilizzo. L'effetto di contrasto nei confronti dell'acidità contribuisce a ridurre anche la mobilità di metalli e sali.

Il biochar con bassa conducibilità elettrica (inferiore a 300-400 mS/m) è povero di sali, e può sequestrare sali in eccesso presenti nei suoli, soprattutto se ha particelle di dimensioni grandi. Il contenuto di sali nel biochar è correlato alla proporzione di ceneri.

Il biochar, se adeguatamente prodotto, analizzato e certificato, non apporta contaminanti. Il D.Lgs. n. 75/2010 fissa i valori limite di metalli e idrocarburi policiclici aromatici.

Il biochar non apporta nutrienti e non è un fertilizzante. È correttamente definito un ammendante perché migliora le proprietà del suolo.

Relativamente al biochar ottenuto dall'impianto di pirogassificazione prototipale, questo rappresenta un prodotto importante dell'impianto, ed è in classe I, qualitativamente migliore, ai sensi del D.Lgs 75/2010, per il basso contenuto di ceneri, elevato contenuto in carbonio (superiore al 70%), quasi assenti gli idrocarburi policiclici aromatici (IPA totale < 2 mg/kg), elevata pezzatura, con particelle di carbone di dimensioni mediamente grossolane, anche superiori al cm.

Come valutare la quantità di biochar da applicare

La concentrazione di biochar nella letteratura scientifica e di settore è spesso espressa in percentuale peso su peso (w/w) oppure peso su volume (w/v); infatti negli esperimenti in serra e in spazi confinati il biochar viene mescolato con il substrato di crescita in modo uniforme. Il biochar ha densità variabili tra 80 e 320 kg/m³, e la variabilità dipende dalla matrice di partenza e dalla dimensione delle particelle.

Durante l'applicazione in campo per le sperimentazioni, invece, è preferibile utilizzare, come misura quantitativa, le **tonnellate per ettaro, t/ha**, e il biochar può essere distribuito sulla superficie del suolo senza interrimento, come nel caso del pomodoro, per non disturbare eccessivamente le piantine trapiantate. Non esiste una quantità ottimale, e si deve valutare caso per caso. Nel caso del progetto FERTILIAS, la dose scelta è stata di 3 t/ha nelle prove in campo, eventualmente con la somministrazione di microrganismi alla dose di 30 kg/ha di polvere dei preparati commerciali Micosat F (produttore CCS Aosta) o micorrize (Ditta MycAgro). Le polveri vengono applicate direttamente alle piantine

Per le applicazioni in agricoltura, occorre considerare che biochar con alto contenuto di ceneri forniscono anche nutrienti, con effetto fertilizzante. La quantità di azoto somministrata con il biochar potrebbe essere rilevante a certe dosi e il calcolo della dose di fertilizzante azotato dovrà tenerne conto.

Quando e come applicare il biochar

Il biochar si può applicare in qualsiasi momento, purché il suolo non sia gelato. Spesso è conveniente mescolare il biochar con altri ammendanti (letame, compost), quando ciò è possibile. Come descritto, si può anche “caricare” il biochar con microrganismi, per l'applicazione a colture agricole.

Considerato che il biochar resiste alla decomposizione, applicazioni singole possono fornire effetti benefici per diverse stagioni; non è necessario applicarlo ogni anno.

Quando lo si applica a situazioni in cui le piante sono già presenti, si deve applicare alla superficie, mescolando leggermente per evitare che si perda, senza disturbare gli orizzonti organici superficiali. Nel caso del pomodoro, è possibile applicare il biochar alle singole piantine in fase di trapianto, oppure mescolarlo al terreno in anticipo.

Il biochar va sempre interrato leggermente e tramite piccole attrezzature manuali, nella normale pratica di gestione; in questo modo si minimizzano i costi.

Il biochar può essere costituito da particelle di dimensioni variabili (secondo la sua granulometria), e quindi anche da particelle molto piccole, oppure può sbriciolarsi durante la manipolazione. Durante la distribuzione occorre, quindi, prestare attenzione a minimizzare i processi di dispersione al vento. Umidificare il biochar può prevenire questi problemi, ma occorre in questo caso considerare l'aumento di peso e i maggiori costi di trasporto e distribuzione che ne derivano. Il biochar umido può risultare più difficile da distribuire.

Poiché il biochar produce comunque polvere, è necessario indossare dispositivi di protezione.

Le caratteristiche chimico-fisiche dei suoli

Le analisi che possono consentire di capire gli impatti dei trattamenti sui suoli riguardano la determinazione del carbonio totale (TC), organico (OC) ed inorganico (IC) e dell'azoto totale nei suoli. Per acquisire informazioni sulla dinamica del carbonio e dell'azoto, i campioni di

suolo sono stati estratti con acqua e sugli estratti acquosi è stata condotta l'analisi elementare del carbonio organico disciolto (DOC) e dell'azoto disciolto (TON) tramite analizzatore elementare; di nitrati, nitriti, ammonio e degli ioni principali tramite cromatografia ionica. Gli estratti sono analizzati tramite spettroscopia di assorbimento e fluorescenza molecolare.

Le comunità microbiche

L'analisi delle comunità microbiche può essere effettuata con metodi genomici, studiando il DNA presente nei suoli. Nel progetto, il DNA genomico- microbico è stato estratto e purificato dai campioni di suolo grazie al kit NucleoSpin® Soil della Macherey-Nagel (Duren, Germania). La procedura è stata eseguita come da protocollo, e il DNA estratto è stato dapprima amplificato con PCR per cercare batteri, con primer per rRNA 16S, e funghi, con primer che amplificano la regione ITS, e successivamente sottoposto a sequenziamento. I risultati evidenziano i gruppi di microrganismi più rappresentati consentendo valutazioni di indici di biodiversità.

La produzione agricola in termini qualitativi e quantitativi

Nel caso del pomodoro da industria, la produzione è stata valutata con la rifrattometria totale, in kg brix/ha¹, e con il peso del prodotto commerciabile, immaturo, marcio, con marciume apicale; anche il succo è stato analizzato per il residuo ottico brix. Le parti della pianta sono state valutate per lunghezza delle branche, stato fitosanitario, copertura dei frutti, peso medio delle bacche e presenza di difetti.

1- Tale parametro risulta dalla moltiplicazione della produzione commerciale (espressa in kg/ha) per il residuo ottico espresso in gradi brix e rappresenta un fondamentale criterio per valutare la produzione sia dal punto di vista quantitativo che qualitativo.

Il monitoraggio delle piante nel tempo può essere effettuato con strumenti di precisione per misure non distruttive quali SPAD e Porometro. Il contenuto di clorofilla delle piante è stato misurato tramite lo strumento SPAD-502 (Konica Minolta Business Solution Italia S.p.a., Milano). Il misuratore agisce in maniera delicata, senza tagliare o danneggiare in alcun modo le foglie su cui è effettuata l'analisi. Sono state scelte due foglie centrali della pianta ed avvicinando la pagina fogliare superiore alla clip contenente il fotometro (per la misura dell'assorbanza a 650 nm e a 940 nm) è stato calcolato un "valore SPAD" derivante dalla media di circa 10 misurazioni estese a tutta la superficie fogliare. 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 secondo il principio della diffusione ciclica.

Tra i risultati più significativi, si osserva che l'utilizzo di biochar abbinato al Micosat e con riduzione della fertilizzazione aziendale azotata pari a circa il 20% ha fornito dei livelli produttivi di resa commerciale e brix paragonabili alla gestione aziendale con fertilizzazione azotata piena. L'uso del solo biochar determina una diminuzione di produzione commerciale che non compensa la riduzione parziale della concimazione azotata, coerentemente con il fatto che il biochar utilizzato non fornisce nutrienti. Invece l'uso abbinato del biochar con micorrize oppure con micorrize e consorzio microbico consente di ottenere delle rese commerciali statisticamente superiori alla gestione aziendale.

*Attività analitiche e
valutative*

Indicazioni sulle tecniche analitiche applicate nel progetto

Analisi del biochar

La qualità del biochar è importante per la salute del suolo. L'uso del biochar è ammesso in agricoltura se rispetta alcuni requisiti, indicati nel DLgs 75/10, allegato 2, modificato da successivi decreti. Il D.M. 10/10/2022 lo ha inserito tra i fertilizzanti ammessi in agricoltura biologica. Sono fissati limiti per metalli, idrocarburi, policlorobifenili e diossine, e requisiti

relativi a salinità, pH, rapporto molare tra idrogeno e carbonio, contenuto di umidità, percentuale di ceneri. Altre caratteristiche importanti sono la granulometria, la presenza di macroelementi e effetti di fitotossicità o fitostimolazione. Tutte le caratteristiche del biochar si analizzano con metodologie standardizzate.

Parametro	Metodo analitico
pH	UNI EN 13037
Conducibilità Elettrica (mS/m)	UNI EN 13038
Densità apparente (g/cm ³)	UNI EN 13038
Classi granulometriche (%)	UNI EN 15428
>20 mm	
20 mm > x > 10 mm	
10 mm > x > 5 mm	
5 mm > x > 2 mm	
2 mm > x > 1 mm	
< 1 mm	
Sostanza organica (%)	UNI EN 13039
Ceneri (%)	UNI EN 13039
Umidità residua (%)	UNI EN 13040
Sostanza secca (%)	UNI EN 13040
Contenuto di carbonio organico (%)	UNI EN 15936:2012 – Metodo B
Azoto ammoniacale (mg/kg)	CNR IRSA 7 Q64 Col 3 1986
Azoto nitrico (mg/kg)	EPA 300.0 1993
Azoto nitroso (mg/kg)	EPA 300.0 1993
Azoto totale Kjeldahl (mg/kg)	M710 Rev.0 2002
Azoto totale sommativa (mg/kg)	RDPMD02 Rev.5 2019
Potassio (mg/kg)	UNI EN ISO 13657:2004; UNI EN ISO 17294-2:2016
Fosforo totale (mg/kg)	UNI EN ISO 13657:2004; UNI EN ISO 17294-2:2016
Idrocarburi policiclici aromatici totali (mg/kg)	EPA 3545° 2007; EPA 3630C 1996; EPA 8270E 2018
Contenuto di metalli (mg/kg)	Assorbimento atomico
Cadmio	
Nichel	
Rame	
Piombo	
Zinco	
Cromo	
Ferro	
Test di germinazione (grammi biochar per piastra)	UNICHIM Met 1651-2003
Fitostimolante in germinazione	
Fitotossicità (EC50)	
Inibizione totale della germinazione	
Test di fitotossicità su <i>Hordeum vulgare</i> L. (% biochar/ terriccio)	UNI EN 16086-1:2012
Fitotossicità	
Fitostimolazione della crescita	
Test di fitotossicità su <i>Lactuca sativa</i> L. (g biochar/kg di suolo)	BURL13/05/03
Giudizio del test	

Considerazioni sugli aspetti di impatto economico e ambientale

Aspetti economici

Per quanto riguarda l'applicazione del biochar, data la sua caratteristica di essere un ammendante agricolo in grado di produrre effetti positivi nel medio-lungo periodo, si è ipotizzata una distribuzione in campo su base triennale.

Dal lato dei benefici, l'analisi economica ha valutato il caso dei soli benefici di mercato (ricavi di vendita del prodotto) e il caso di un possibile vantaggio economico fornito dai crediti di carbonio. Il biochar applicato ai terreni agricoli consente di stoccare stabilmente (anche per molte centinaia di anni) CO₂ favorendo così la mitigazione dei cambiamenti climatici. Il valore economico del biochar si estende quindi al servizio di carbon sink offerto alla società. I crediti di carbonio acquisibili dalle aziende agricole, a seguito di certificazione da parte di ente terzo accreditato, possono essere collocati sul mercato volontario dei servizi ecosistemici.

A conclusione dell'analisi nel progetto FERTILIAS, i costi della concimazione negli scenari di applicazione dei biostimolanti microbici aumentano sensibilmente, ma l'applicazione combinata di biochar e biostimolanti determina un miglioramento dei margini lordi colturali, sia per la produzione biologica che integrata. L'aumento dei costi di fertilizzazione è compensato da un aumento più che proporzionale dei ricavi colturali grazie all'aumento delle rese di produzione.

Aspetti ambientali

Una recente prassi di riferimento dell'organismo di unificazione italiano, l'UNI/PdR 99: Crediti da Biochar, individua le linee guida per poter acquisire crediti di carbonio a seguito dell'applicazione sui terreni agricoli di biochar. La prassi precisa che per poter beneficiare dei crediti di carbonio è necessario attenersi ad alcune condizioni, tra cui: il biochar deve essere ottenuto a temperature maggiori di 350°C, l'azienda agricola deve fornire evidenza dell'interramento del biochar e il calcolo dei crediti di carbonio deve seguire la metodologia sviluppata da Carbomark. Si può ipotizzare l'acquisizione da parte delle aziende produttrici di pomodoro da industria di crediti di carbonio e la successiva vendita sui mercati volontari ad un prezzo di 30 €/tCO₂eq.

Prodotta nel 2023 dai partner del progetto FERTILIAS

I partner del progetto



Iniziativa realizzata nell'ambito del Programma regionale di sviluppo rurale 2014 - 2020 - Tipo di operazione 16.1.01 - Gruppi operativi del partenariato europeo per la produttività e la sostenibilità dell'agricoltura - Focus Area 4B - Migliore gestione delle risorse idriche, compresa la gestione dei fertilizzanti e dei pesticidi - Progetto Fertillas n. 5150147