

Il progetto REFERTIL: standardizzazione di compost e biochar e risultati in Piemonte

Massimo Pugliese*,** - Maria Lodovica Gullino*,** - Angelo Garibaldi*

*Centro di Competenza per l'Innovazione in Campo Agroambientale AGROINNOVA - Università degli Studi di Torino - Grugliasco (TO)

**Dipartimento di Scienze Agrarie, Forestali e Alimentari DISAFA – Università degli Studi di Torino - Grugliasco (TO)

Riassunto

Il progetto REFERTIL, co-finanziato dall'Unione Europea nell'ambito del Settimo Programma Quadro, ha come obiettivo quello di mettere a punto un sistema avanzato, completo e standardizzato a livello europeo per il trattamento dei rifiuti e il recupero di sostanze nutritive attraverso la produzione di compost e biochar di alta qualità. Il Centro Agroinnova, partner del progetto, è impegnato nel valorizzare compost e biochar per un loro ottimale impiego in agricoltura. Vengono presentati gli obiettivi e le attività del progetto, così come alcuni risultati sull'utilizzo di compost e biochar in prove sperimentali condotte in Italia.

Parole chiave: compostaggio; pirolisi; repressività; ammendanti; fertilizzanti organici; substrati.

Summary

The REFERTIL Project: standardization of compost and biochar quality and results in Piedmont, Italy

The REFERTIL project, co-funded by the European Union within the 7th Framework Programme, has the mission to contribute to the transformation of organic wastes, developing a standardized, advanced, and comprehensive bio-waste treatment and nutrient recovery process and producing high quality compost and biochar. Agroinnova, partner of the project, is strongly involved in the valorization of compost and biochar for their optimal use in agriculture. Project objectives and activities are presented, together with some results on the use of compost and biochar from experimental trials carried out in Italy.

Keywords: *composting; pyrolysis; suppressiveness; amendments; organic fertilizers; growing media.*

Introduzione

Ogni anno in Italia vengono prodotte oltre 30 milioni di tonnellate di scarti e rifiuti organici, aventi caratteristiche diverse a seconda della specifica filiera produttiva, parte delle quali viene avviata a compostaggio o utilizzata per la produzione di energia o smaltita. A livello europeo, una corretta gestione, recupero e valorizzazione dei rifiuti è considerata di importanza strategica per uno sviluppo economico sostenibile. Oltre al compostaggio delle matrici organiche, una delle vie di maggior successo per il recupero di rifiuti organici, nuove tecnologie, quali la digestione anaerobica e la gassificazione, si stanno diffondendo e sono in grado di produrre ammendanti di qualità impiegabili in settori di pregio come quello ortofloricolo e le colture fuori suolo.

Sistemi agricoli intensivi e attività umane hanno disturbato i cicli naturali dell'azoto e del fosforo. L'agricoltura industrializzata si basa su continui apporti esterni di fosforo minerale estratto e non rinnovabile e di azoto altamente dispendioso a livello energetico. Si stima che l'attività umana, a partire dalla rivoluzione industriale, abbia raddoppiato la quantità complessiva di azoto reattivo in circolazione, mentre è triplicata la quantità di fosforo. C'è una forte necessità di una maggiore sostenibilità del sistema agricolo e di chiusura del ciclo dei nutrienti, con lo sviluppo di un ciclo virtuoso tra le zone urbane e rurali. Tecnologie quali il compostaggio e la pirolisi sono in grado di trasformare i rifiuti organici in ammendanti e fertilizzanti. In questo contesto, ridurre l'uso di fertilizzanti minerali e agrofarmaci è un obiettivo prioritario che può essere raggiunto riciclando e riutilizzando rifiuti organici trasformati in compost e biochar.

Il progetto REFERTIL (Riduzione dei concimi chimici e agrofarmaci utilizzati in agricoltura attraverso il riciclo dei rifiuti organici in compost e biochar), che vede la partecipazione in qualità di partner del Centro Agroinnova dell'Università di Torino, ha come obiettivo principale quello di contribuire alla trasformazione efficiente ed economicamente vantaggiosa di rifiuti organici urbani, scarti alimentari industriali e rifiuti organici agricoli, partendo da un processo costoso di smaltimento per arrivare ad un'attività redditizia. Il progetto REFERTIL fornisce soluzioni avanzate per la trasformazione dei flussi di rifiuti organici derivanti dall'agricoltura e dalle industrie alimentari in Europa. In questo contesto, il progetto vuole migliorare gli attuali sistemi di compostaggio e sviluppare una nuova generazione di tecnologia a "zero emissioni" per la produzione industriale di biochar per l'agricoltura sostenibile, finalizzata ad un recupero sicuro, economico ed ecologico di elementi nutritivi, specialmente il fosforo.

REFERTIL si propone inoltre di mettere a punto un sistema avanzato, completo e standardizzato a livello europeo (EU-28) per il trattamento dei rifiuti e il recupero di sostanze nutritive a emissione zero attraverso la produzione di compost e biochar. REFERTIL copre campi di sviluppo che vanno dalla ricerca applicata allo scale up industriale, includendo l'ingegnerizzazione della tecnologia a livello industriale, a vantaggio e interesse di PMI e aziende agricole. I prodotti di alta qualità in uscita dal processo mirano a ridurre l'uso di fertilizzanti minerali e agrofarmaci in agricoltura; a migliorare l'impatto ambientale, la sostenibilità ecologica ed economica della produzione agroalimentare di colture alimentari; a ridurre l'impronta negativa delle città e, in generale, contribuire alla mitigazione del cambiamento climatico, mentre si crea una nuova bioeconomia. I prodotti migliorati ottenuti saranno compost e biochar sicuri, economici e standardizzati, contenenti fosforo e azoto che possono essere utilizzati dagli agricoltori con vantaggi applicativi ed economici.

Il progetto REFERTIL fornisce un continuo supporto alle politiche e normative della Commissione Europea (Direzione Generale Imprese e Industria e altre Direzioni Generali), impegnata nella revisione del Regolamento sui Fertilizzanti (Reg. CE N° 2003/2003) e la possibile inclusione del compost e del biochar come fertilizzanti organici e ammendanti.

Le attività principali del progetto REFERTIL sono:

1. Individuazione, campionamento e quantificazione dei

principali flussi di rifiuti organici urbani e agricoli e dei relativi sistemi logistici nei paesi partecipanti.

2. Sviluppo nel dettaglio di una tecnologia di pirolisi e di un database sul biochar classificando le tecnologie disponibili. Predisposizione di un rapporto di sostegno alla politiche di sviluppo del biochar.
3. Sviluppo nel dettaglio di una tecnologia di compostaggio e di un database sul compost classificando le tecnologie disponibili. Predisposizione di un rapporto di sostegno alla politiche di sviluppo del compost.
4. Messa a punto di una strategia microbiotecnologica per funghi, batteri e micorrize in grado di attivare il compost e di arricchirlo con elementi nutritivi, inclusa la selezione di ceppi e lo sviluppo di tecnologie di inoculazione.
5. Miglioramento dei processi di produzione e trattamento del biochar verso una qualità altamente standardizzata secondo i criteri "End-of-Waste" e prestazioni a zero emissioni.
6. Ottimizzazione del processo di compostaggio e miglioramento del prodotto per una maggiore ritenzione di elementi nutritivi e minimizzazione delle emissioni, identificando e proponendo buone pratiche operative e miglioramenti tecnologici.
7. Attività dimostrative e prove sulle migliori tecnologie disponibili saranno condotte sui compost e biochar migliorati e sostenibili, inclusi test di arricchimento con microrganismi su piccola scala.
8. La validazione delle tecnologie migliorate e dei prodotti riciclati nei confronti dei criteri "end-of-waste" sarà fatto utilizzando compost e biochar in prove di campo in condizioni diverse, valutando la sostenibilità ambientale e la sicurezza.
9. Sviluppo di un quadro logico per la standardizzazione dei requisiti comuni di qualità e di nuovi metodi applicativi per i trattamenti di rifiuti organici, compost e biochar al fine di garantire un alto livello di protezione della salute umana e dell'ambiente.
10. Ampia diffusione a livello comunitario e coinvolgimento degli utenti finali, in particolare le PMI e gli agricoltori.

Biochar

Il biochar (Fig.10; pag. 51) è un prodotto carbonifero stabile derivante da sottoprodotti, rifiuti o biomasse di origine vegetale e/o animale con applicazioni in agricoltura sostenibile e conservativa. Il biochar è prodotto in condizioni termiche riduttive. Il biochar deve essere ben strutturato e di qualità controllata. È utilizzato per il miglioramento delle proprietà fisiche e/o chimiche e/o biologiche del suolo. Un biochar prodotto in modo corretto ha il potenziale di ripristinare il naturale equilibrio del suolo e di portare vantaggi ai sistemi produttivi agricoli attraverso un miglioramento della tolleranza alla siccità nelle piante, della fertilità dei suoli e delle caratteristiche delle colture.

Un'ampia gamma di materie prime organiche possono essere impiegate per la produzione di biochar, soggetti a requisiti di sostenibilità quali: la non competizione con la produzione e la fornitura di alimenti per l'uomo, di mangimi per gli animali e di prodotti per la nutrizione delle piante; devono essere prodotti a partire da fonti e approvvigionamenti sostenibili dal punto di vista ambientale e dell'impatto sul clima.

Il biochar vegetale (PBC) è un prodotto in grado di migliorare la qualità del suolo mentre quello animale (ABC)

è un fertilizzante fosfatico organico.

Il biochar "ABC" è un fertilizzante fosfatico a lento rilascio, macroporoso e di origine naturale, derivato dall'apatite minerale presente nelle ossa, con un alto tenore di calcio e un basso contenuto di carbonio. Il biochar "ABC" viene prodotto a partire da ossa animali, sottoprodotti di categoria 3, sottoposte ad un trattamento termico a temperature comprese tra i 600 ed i 650°C e in condizioni di pressione negativa con una tecnologia avanzata a "zero emissioni" e basso impatto ambientale. Il biochar "ABC" è composto principalmente da un alto contenuto di fosforo inorganico naturale proveniente da idrossiapatite minerale e da carbonio. La composizione a basso contenuto di carbonio e l'alto contenuto di P₂O₅ (>30%) fanno sì che ABC abbia un effetto fertilizzante a lento rilascio di fosforo. ABC è un prodotto altamente macroporoso, dotato di una struttura ottimizzata per un significativo miglioramento dell'attività microbiologica del suolo, una maggiore ritenzione idrica e di elementi nutritivi organici macromolecolari. Tra i sottoprodotti di origine animale non destinati al consumo umano, vi sono vari materiali specifici non a rischio, quali ossa, corna e artigli, che, a seguito di trattamento termico, possono essere impiegati come fertilizzanti organici e ammendanti (Warren *et al.*, 2009; Lehmann *et al.*, 2011).

Il biochar "PBC" è un prodotto carbonifero di origine vegetale, contenente carbonio altamente stabile, caratterizzato da micro e macroporosità, in grado di migliorare la qualità del suolo e dotato di una relativamente alta ritenzione idrica, capace di assorbire elementi nutritivi e di sequestrare carbonio, ma sprovvisto di effetti fertilizzanti economicamente significativi. Il biochar PBC è prodotto a partire da biomasse vegetali sottoposte a trattamento termico riduttivo, con temperature variabili tra i 450 ed i 550°C, in condizioni di pressione negativa, che portano ad avere emissioni ambientali pari o prossime a zero.

I vantaggi dell'utilizzo di biochar sono numerosi, quali l'aumento della ritenzione idrica e della capacità di scambio

Tabella 1 – Lista dei compost e biochar prodotti in impianti europei e sottoposti a saggi di valutazione della qualità nell'ambito del progetto Refertil, con i rispettivi valori di pH e Conducibilità elettrica. *Table 1 – List of compost and biochar produced in Europe and tested for their quality in the Refertil project, together with their pH and E.C. values.*

Compost e biochar		pH	C. E. (µS/cm)
ABC-HU	Biochar da ossa animali	7.90	770
BC-DE	Biochar da biomasse vegetali	9.68	945
BC-FR	Biochar da biomasse vegetali	7.43	231
COHU1	Compost verde	8.58	301
COHU3	Compost verde	8.61	1296
CONL1	Compost verde	7.80	545
COES1	Compost da letami	8.29	4410
COES2	Compost da letami	7.26	2250
COES3	Compost verde	8.78	630
COES4	Compost da rifiuti organici	8.77	3700
COES5	Compost da scarti dell'industria olivicola	8.48	790
COPT1	Compost da rifiuti organici	8.86	3200
COIT1	Compost da rifiuti organici	8.12	1377
COIT2	Compost verde	7.89	753
COGB1	Compost da rifiuti organici	7.7	938

Tabella 2 – Risultato del test di fitotossicità con *Lepidium sativum* su diversi compost e biochar prodotti in Europa.
 Table 2 – Results of phytotoxicity test with *Lepidium sativum* on different compost and biochar produced in Europe.

Compost e biochar		Indice di fitotossicità secondo il test con <i>Lepidium sativum</i> e diluizione al 30% (Gi 100 = testimone)		
		24h	48h	72h
ABC-HU	Biochar da ossa animali	92	105	114
BC-DE	Biochar da biomasse vegetali	72	97	98
BC-FR	Biochar da biomasse vegetali	62	78	79
COHU1	Compost verde	69	86	94
COHU3	Compost verde	46	82	95
CONL1	Compost verde	57	89	114
COES1	Compost da letami	27	81	106
COES2	Compost da letami	27	75	87
COES3	Compost verde	43	90	118
COES4	Compost da rifiuti organici	58	89	107
COES5	Compost da scarti dell'industria olivicola	55	97	106
COPT1	Compost da rifiuti organici	51	90	101
COIT1	Compost da rifiuti organici	50	75	91
COIT2	Compost verde	61	89	104
COGB1	Compost da rifiuti organici	55	73	82

cationico del suolo (Kookana *et al.*, 2011), ma recentemente sono anche stati evidenziati effetti di induzione di resistenza ad avversità biotiche (Elad *et al.*, 2011).

Compost

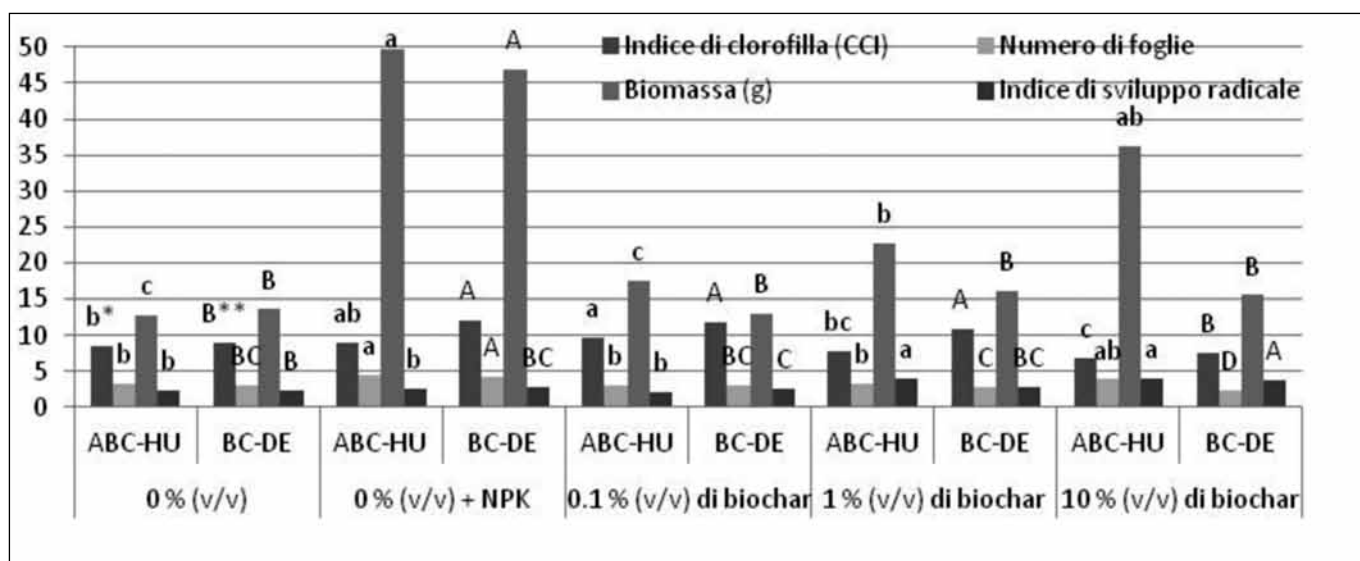
Il compost è un materiale solido umificato, sanificato e stabilizzato attraverso un processo aerobico, che conferisce effetti benefici quando viene aggiunto al suolo, quando utilizzato come componente di substrati di crescita o applicato in altro modo sulle piante (Fig. 11 pag. 51).

Il compostaggio è un processo di decomposizione controllata e umificazione di materiali biodegradabili gestito in condizioni controllate, di tipo aerobico, che permette lo sviluppo di temperature adatte per batteri mesofili e termofili come risultato del calore prodotto biologicamente.

Il compostaggio delle matrici organiche è considerato dall'Unione Europea una delle vie di miglior successo per

lo smaltimento dei rifiuti organici. Recenti ricerche hanno dimostrato come tale compostaggio possa essere impiegato per produrre ammendanti di qualità impiegabili in settori di pregio quali quello ortofloricolo e le colture fuori suolo. Nel 2008, nella sola Regione Piemonte, sono state prodotte oltre 700.000 tonnellate di rifiuti organici differenziati, in parte avviati a compostaggio e in parti riciclati, generando oltre 100.000 tonnellate di compost.

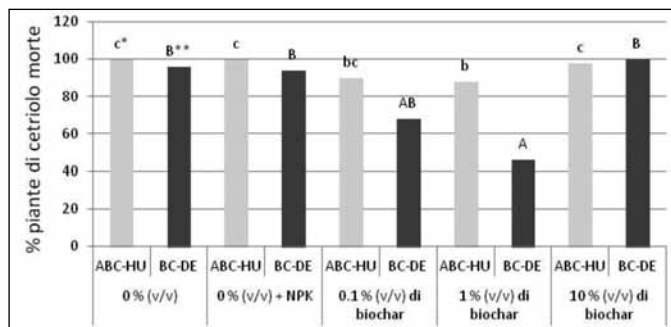
Il compost è generalmente utilizzato come ammendante per aumentare la sostanza organica e la fertilità dei suoli, migliorandone le condizioni fisiche, chimiche e microbiologiche (Hoitink e Fahy, 1986). L'impiego di compost è anche interessante come alternativa alla torba e il suo impiego in tal senso, unito alla capacità di contenimento di alcuni patogeni in Italia è stato suggerito a partire dal 1988 (Garibaldi, 1988). La capacità repressiva di compost nei confronti di patogeni terricoli è stata dimostrata in



*Tukey's HSD (P<0.05), per i valori del gruppo ABC-HU.

**Tukey's HSD (P<0.05) per i valori del gruppo BC-DE.

Figura D – Effetto di due tipologie di biochar miscelati ad un suolo sullo sviluppo di cetriolo.
 Figure D – Effect of two type of biochar mixed to potting soil on the development of cucumber.



*Tukey's HSD (P<0.05), per i valori del gruppo ABC-HU.

**Tukey's HSD (P<0.05) per i valori del gruppo BC-DE.

Figura E – Effetto di due tipologie di biochar miscelati ad un suolo sulla capacità repressiva nei confronti di *Pythium ultimum*.

Figure E – Effect of two type of biochar mixed to potting soil on the suppressiveness of *Pythium ultimum*.

numerous studies and the use of suppressive compost can reduce crop losses, to the benefit of producers (Hadar, 2011; Noble, 2011). The compost is also suitable for being used for the containment of plant pathogens on vegetable crops grown in containers (Pugliese *et al.*, 2007) and it has been demonstrated that suppressive composts contain microorganisms antagonists and potentially usable in biological control (Pugliese *et al.*, 2008). The success or the failure of compost in the containment of plant diseases depends on the nature of the raw materials with which it was prepared, the composting process, the maturity and the quality of the compost itself (Termorshuizen *et al.*, 2006). Some improvements can be obtained by the enrichment of compost with microorganisms (Pugliese *et al.*, 2011).

Alcune prove sperimentali condotte da Agroinnova

Agroinnova si è occupata di valutare l'effetto di repressività di compost e biochar prodotti in alcuni paesi dell'Unione Europea.

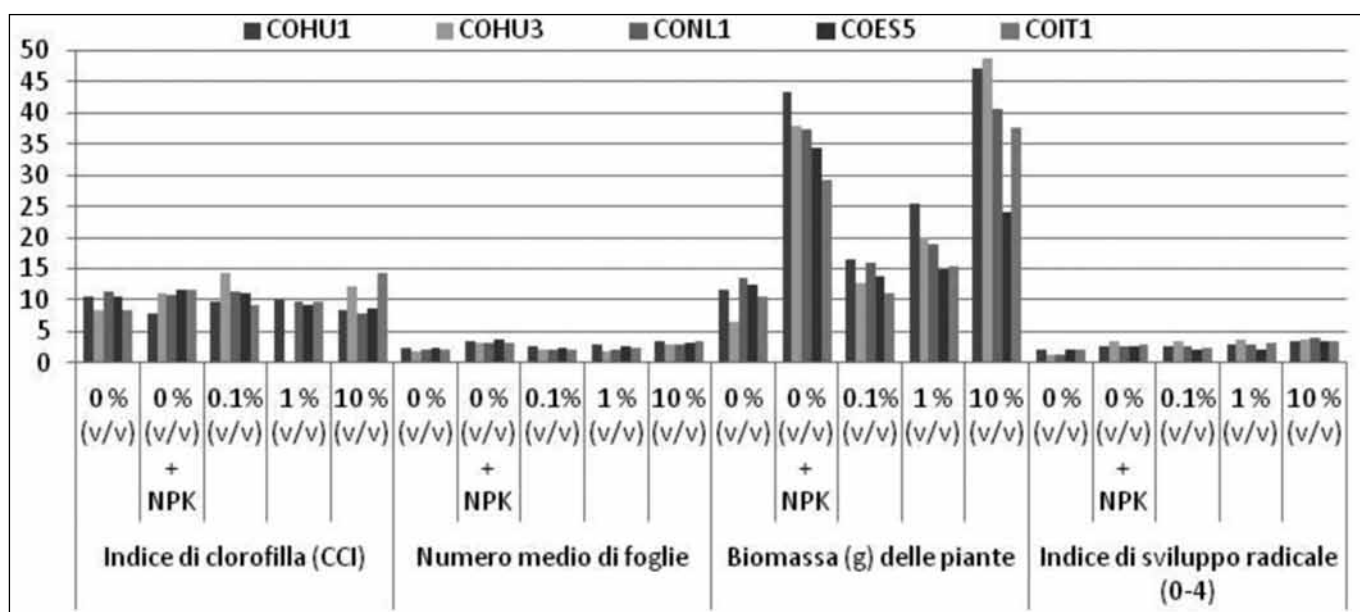
Le prove sono state condotte in ambiente protetto presso le serre in ferro/vetro di Agroinnova. Dodici compost, provenienti da Italia, Olanda, Spagna, Regno Unito,

Ungheria e Portogallo e tre biochar, provenienti da Francia, Ungheria e Germania sono stati campionati e sottoposti ad analisi e valutazioni.

Dalle analisi sul pH è emerso come sia i biochar sia i compost tendono ad avere pH elevati, normalmente tra 8 e 8,5. Per quanto riguarda invece la conducibilità elettrica, per i biochar è risultata inferiore a 1000 $\mu\text{S}/\text{cm}$, valore che li candida come materiale potenzialmente utilizzabile in qualità di substrato inerte. Bassi anche i valori dei compost verdi, mentre per le altre tipologie di compost e in particolare per quelli provenienti da rifiuti organici da raccolta differenziata si è arrivati a valori superiori a 3-4000 $\mu\text{S}/\text{cm}$, il che rende sconsigliabile un loro impiego come substrati (Tab. 1).

Saggi in capsula con il crescione (*Lepidium sativum*) e diluendo i materiali al 30% in acqua, come previsto dalla normativa italiana e dalla prossima normativa europea, sono stati, inoltre, svolti sui campioni al fine di evidenziare eventuali effetti di fitotossicità. Dai risultati ottenuti è emerso che alcuni biochar possono ridurre la capacità germinativa e lo sviluppo dei semi di crescione. I compost invece, seppur vero che dal rilievo effettuato dopo 24h dalla semina vi è un effetto di fitotossicità tale per cui l'indice di germinazione risulta nella maggior parte dei casi inferiore a 60, a 48 e 72 h dalla semina la differenza con il testimone viene recuperata ampiamente. In alcuni casi, come per i compost verdi CONL1 e COES3, si ha un effetto di promozione della germinazione e dello sviluppo del crescione (Tab. 2).

Due tipologie di biochar e cinque compost sono stati successivamente aggiunti alle concentrazioni di 0,1, 1 e 10% v/v a un substrato a base di torba e a un suolo, utilizzati questi ultimi come riferimento e confrontati inoltre ad un trattamento in cui è stato aggiunto un fertilizzante ternario con titolo 14-16-18 a lento rilascio a 1g/l. Una parte dei substrati sono stati successivamente inoculati con 0,5 g/l di biomassa fungina (prodotta su cariossidi di grano e canapa) di *Pythium ultimum* e mantenuti per un periodo di 7 giorni a temperatura ambiente. Una volta terminato il periodo di incubazione, ogni miscela è stata riposta in vasi (5 vasi per ogni trattamento) della capacità di 2 litri ciascuno e 10 semi

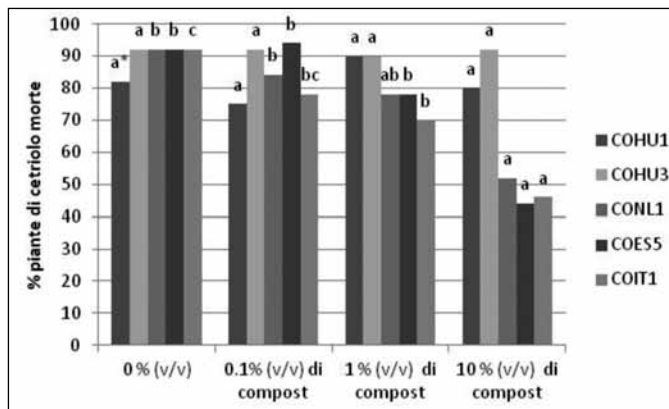


*Tukey's HSD (P<0.05), per i valori del gruppo ABC-HU.

**Tukey's HSD (P<0.05) per i valori del gruppo BC-DE.

Figura F – Effetto di cinque tipologie di compost miscelati ad un suolo sullo sviluppo di cetriolo.

Figure F – Effect of five type of compost mixed to potting soil on the development of cucumber.



*Tukey's HSD ($P < 0.05$), per ogni singolo compost.

Figura G – Effetto di cinque tipologie di compost miscelati ad un suolo sulla capacità repressiva nei confronti di *Pythium ultimum*.
Figure G – Effect of five type of compost mixed to potting soil on the suppressiveness against *Pythium ultimum*.

di cetriolo sono stati messi a dimora in ognuno di essi. I vasetti sono stati riposti in serra su bancali sopraelevati a una temperatura favorevole alla manifestazione dei sintomi della malattia. Dopo 10 giorni dalla semina sono state conteggiate le piante nate e dopo 20 giorni dall'inizio della prova è stato eseguito un rilievo finale in cui venivano contate le piante di cetriolo vive. Inoltre, per le piante allevate nella parte di vasi non inoculata con il patogeno, veniva pesata la porzione aerea di biomassa vegetale prodotta, misurati il contenuto di clorofilla (CCI) e il numero di foglie, valutato lo sviluppo radicale. I dati ottenuti sono stati analizzati statisticamente utilizzando il software SPSS 20.0 sottoponendoli all'analisi della varianza ANOVA ($P < 0,05$) e al test di Tukey HSD.

Il biochar di origine animale, grazie al suo alto contenuto in fosforo, ha significativamente aumentato la biomassa di cetriolo quando utilizzato all'1 e 10% e in questo ultimo caso a livelli paragonabili al testimone trattato con l'aggiunta di un fertilizzante NPK, anche per quanto riguarda il numero di foglie e lo sviluppo radicale (Fig. D). Il biochar di origine vegetale non ha, invece, ottenuto alcun miglioramento sullo sviluppo delle piante, salvo un aumento significativo della clorofilla quando applicato a 0,1% e una riduzione della percentuale di piante colpite dal patogeno quando in miscela a 0,1 e 1% (Fig. E).

Tutti i compost saggiati hanno significativamente aumentato il numero medio di foglie, la biomassa delle piante di cetriolo e lo sviluppo radicale quando applicati in miscela al 10%, ottenendo valori simili o superiori al testimone in cui era stato aggiunto il fertilizzante. Per alcuni di essi, come i compost verdi COHU1, COHU3 e CONL1, l'effetto sulla biomassa e sullo sviluppo radicale si è avuto anche quando applicati all'1% (Fig. F). Inoltre i compost CONL1, COES5 e COIT1 utilizzati al 10% hanno significativamente ridotto la percentuale di piante di cetriolo morte a causa di attacchi di *P. ultimum* rispetto al testimone non trattato (Fig. G).

Conclusioni

Alcuni biochar e compost prodotti nell'Unione Europea sono potenzialmente utilizzabili nella coltivazione di piante allevate in contenitore, senza effetti negativi se impiegati in dosi inferiori al 10% v/v. Inoltre alcuni di essi hanno dimostrato di possedere una parziale attività repressiva, che va ulteriormente studiata e approfondita prendendo in considerazione anche altri patosistemi. Tuttavia i risultati

dipendono dal tipo di compost o di biochar utilizzati. Da un lato infatti, il biochar di origine animale ha dimostrato di avere un chiaro effetto come fertilizzante, mentre quello vegetale va considerato essenzialmente un ammendante del suolo. Tra i compost invece, quelli prodotti utilizzando scarti vegetali si sono dimostrati i migliori, sia per l'assenza di effetti negativi e fitotossicità, sia per un effetto fertilizzante e di induzione di repressività.

Il lavoro svolto è stato utile per definire alcune linee guida per un corretto impiego di biochar e compost a livello europeo, in vista della nuova normativa europea attualmente in fase di preparazione.

Ringraziamenti

Lavoro svolto con un contributo dell'Unione Europea (7th Framework Programme of RTD, Theme 2 - Food, Agriculture and Fisheries, and Biotechnology), nell'ambito del progetto REFERTIL (c.n. 289785)

Lavori citati

- ELAD Y., CYTRYN E., HAREL Y. M., LEW B., GRABER E. R. (2011) – The biochar effect: plant resistance to biotic stresses. *Phytopathologia mediterranea*, 50, 335-349.
- GARIBALDI A. (1988) - Research on substrates suppressive to *Fusarium oxysporum* and *Rhizoctonia solani*. *Acta Horticulturae*, 221, 271-277.
- HADAR Y. (2011) - Suppressiveness compost: when plant pathology met microbial ecology. *Phytoparasitica*, 39, 311-314.
- HOITINK H. A. J., FAHY P. C. (1986) - Basis for the control of soilborne plant pathogens with composts. *Annual Review of Phytopathology* 24, 93-114.
- KOOKANA R. S., SARMAH A. K., VAN ZWIETEN L., KRULL E., SINGH B. (2011) – Biochar application to soil: agronomic and environmental benefits and unintended consequences. *Advances in agronomy*, 112, 103-143.
- LEHMANN J., RILLIG M. C., THIES J., MASIELLO C. A., HOCKADAY W. C., CROWLEY D. (2011) - Biochar effects on soil biota - A review. *Soil Biology and Biochemistry* 43, 1812-1836.
- NOBLE R. (2011) – Risks and benefits of soil amendment with composts in relation to plant pathogens. *Australasian Plant Pathology*, 40, 157-167.
- PUGLIESE M., GARIBALDI A., GULLINO M. L. (2007) - The use of compost in horticulture for controlling soil-borne pathogens. *Phytopathology*, 97, s95.
- PUGLIESE M., LIU B. P., GULLINO M. L., GARIBALDI A. (2008) - Selection of antagonists from compost to control soil-borne pathogens. *Journal of Plant Disease and Protection*, 115, 220-228.
- PUGLIESE M., LIU B. P., GULLINO M. L., GARIBALDI A. (2011) - Microbial enrichment of compost with biological control agents to enhance suppressiveness to four soil-borne diseases in greenhouse. *Journal of Plant Disease and Protection*, 115, 45-50.
- TERMORSHUIZEN A. J., VAN RIJN E., VAN DER GAAG D. J., ALABOUVETTE C., CHEN Y., LAGERLÖF J., MALANDRAKIS A. A., PAPLOMATAS E. J., RÄMERT B., RYCKEBOER J., STEINBERG C., ZMORA-NAHUM S. (2006) - Suppressiveness of 18 composts against 7 pathosystems: variability in pathogen response. *Soil Biology and Biochemistry*, 38, 2461-2477.
- WARREN G. P., ROBINSON J. S., SOMEUS E. (2009) - Dissolution of phosphorus from animal bone char in 12 soils. *Nutrient Cycling in Agroecosystems* 84, 167-178.