

Utilizzo del biochar per l'allevamento di semenzali di citrange Carrizo [*Citrus sinensis* (L.) Osbeck x *Poncirus trifoliata* (L.) Raf.]

Filippo Ferlito^{1*}, Giancarlo Fascella², Paola Caruso¹, Biagio Torrì¹, Maria Allegra¹, Antonino Leonardi¹, Fiorella Stagno¹, Gaetano Tirrò¹ e Giancarlo Rocuzzo¹

¹Consiglio per la ricerca in agricoltura e l'analisi dell'economia agraria, Centro di ricerca per l'Agrumicoltura e le Colture Mediterranee, Acireale (CT)

²Consiglio per la ricerca in agricoltura e l'analisi dell'economia agraria, Unità di ricerca per il recupero e la valorizzazione delle Specie Floricole Mediterranee, Bagheria (PA)

Using biochar in growing media for Carrizo citrange rootstock [*Citrus sinensis* (L.) Osbeck x *Poncirus trifoliata* (L.) Raf.]

Abstract. Following the *Citrus Tristeza Virus* (CTV) disease spread, the only chance to maintain citrus orchards in Sicily is the use of tolerant rootstocks such as trifoliolate orange and its hybrids. For citrus nursery industry, the sustainability can also be realized using growing media useful to replace the peat. Among these biochar could be an alternative to the conventional materials. The research was carried out in a nursery located in eastern Sicily using citrange Carrizo seedlings. The seedlings were grown in polyethylene pots filled with 7 mixtures containing 50% of soil and variable proportions of conifer biochar, peat, perlite, compost and lapillus. Measurements were performed on 60 seedlings per mixture divided into three randomized plots. The main morphological parameters were recorded every 60 days, while the destructive measurements were made both before and after the vegetative growth for the determination of the dry biomass and its allocation in the plant. Plants grown on the substrate mixture containing biochar and perlite showed similar growth rates to the control, and a low root development.

Key words: substrate, rootstock, peat, compost, nutritional status.

Introduzione

In Sicilia nel 2013 gli ettari coltivati ad agrumi soggetti a infezione da parte del *Citrus Tristeza Virus*

(CTV) erano circa 32.000, pertanto, la malattia ha già interessato il 35% della superficie totale regionale. Le aree infette comprendono quasi il 100% degli agrumi ricadenti nelle zone di focolaio (Piana di Catania), mentre nelle nuove aree di diffusione le percentuali si attestano tra il 3 e il 13%. A fronte di questi dati, i numeri relativi alla riconversione non sono certi essendo stata condotta, fino a oggi, al di fuori dal sistema contributivo regionale. Si stima, tuttavia, che nel prossimo decennio verranno reimpiantati circa 10.000 ettari. L'unica possibilità di riuscita dei reimpianti passa dalla sostituzione dell'arancio amaro con portinnesti tolleranti il patogeno, quali l'arancio trifogliato e i suoi ibridi. In questo scenario il comparto del vivaismo agrumicolo è chiamato a soddisfare una domanda crescente di portinnesti e il rispetto delle norme imposte per la certificazione del prodotto comporterà un aumento dei costi. Pertanto, la sostenibilità dei cicli produttivi dovrebbe essere realizzata anche attraverso l'utilizzo di substrati di coltivazione che sostituiscano, anche parzialmente, la torba, notoriamente risorsa non rinnovabile, scarsa e costosa. Tra questi il biochar, un carbone vegetale derivante dalla pirolisi in assenza di ossigeno di biomasse animali e/o vegetali con riconosciute proprietà ammendanti e capacità di sequestro di carbonio (C) nel terreno, può essere considerato una valida alternativa per la composizione dei substrati vivaistici (Czernik and Bridgwater, 2004; Fascella, 2015; Tian *et al.*, 2005). In generale, le biomasse utilizzate nei processi di pirolisi contengono quantità variabili di emicellulosa, cellulosa, lignina e quantità minori di altre sostanze organiche (Bridgwater *et al.*, 1999). Tuttavia sia le rese, sia le caratteristiche fisiche e chimiche del biochar sono molto variabili in funzione del tipo di biomassa utilizzata, della pirolisi adottata (durata, tempe-

*filippo.ferlito@crea.gov.it

rature) e delle condizioni di combustione delle biomasse (lungo o breve flusso di vapore) (Bridgwater, 2012). Nonostante questa variabilità il biochar dal punto di vista fisico assicura, oltre l'ammendamento e il sequestro del C, anche la ritenzione idrica e minerale, grazie ai numerosi micropori e il miglioramento delle condizioni di abitabilità per la microflora del terreno (Gu *et al.*, 2013). Inoltre, le sue caratteristiche fisiche lo rendono particolarmente resistente alla degradazione microbica e persistente nell'ambiente. Le peculiarità che lo rendono un ottimo ammendante fanno sì che possa essere considerato utile anche per produzioni vivaistiche in contenitori di piccoli volumi (Dumroese *et al.*, 2011). Tuttavia, poiché le condizioni colturali in vivaio e in vaso sono estremamente variabili, è possibile avere riscontri non coincidenti con quanto osservato in pieno campo o in ambiente forestale (Landis *et al.*, 1990) anche in funzione della specie o varietà coltivata. L'obiettivo della presente ricerca è stato quello di valutare le potenzialità del biochar da biomasse forestali attraverso la risposta vegetativa e nutrizionale di semenzali di citrange Carrizo, utilizzandolo in miscela con terreno agrario e altre matrici organiche e minerali.

Materiali e metodi

La ricerca è stata effettuata presso un'azienda vivaistica ubicata a livello del mare nella costa Jonica della Sicilia orientale. Sono stati utilizzati semenzali di citrange Carrizo [*C. sinensis* (L.) Osbeck x *P. trifoliata* (L.) Raf.] seminati nel mese di marzo del 2013 in *plateau* di polietilene riempiti con una miscela di

terreno agrario e torba. A novembre dello stesso anno i semenzali sono stati trapiantati in vasi di polietilene del volume di 6,5L riempiti con sette differenti miscele. Ogni miscela conteneva il 50% di terreno agrario mentre il restante 50% era così composto: 1) Torba 25% Perlite 25%; 2) Biochar 50%; 3) Torba 12,5% Perlite 25% Biochar 12,5%; 4) Torba 25% Biochar 25%; 5) Torba 12,5% Compost 12,5% Biochar 25%; 6) Torba 12,5% Perlite 12,5% Compost 12,5% Biochar 12,5%; 7) Torba 25% Lapillo 25% (miscela testimone adottata dal vivaio ospitante la prova).

Prima dell'utilizzo in vivaio un campione di vasi riempiti con le differenti miscele è stato pesato e sono state determinate le costanti idrologiche mediante piastra di Richards. Inoltre, sono stati determinati il contenuto in azoto totale (g kg^{-1}) misurato mediante il metodo Kjeldahl e in sostanza organica mediante la quantificazione del carbonio organico totale (TOC, mg kg^{-1}) secondo il metodo di Springer e Klee (1954), il pH e la conducibilità elettrica (tab. 1).

Tutto il periodo di allevamento delle piantine è stato condotto all'interno di una struttura ombreggiante. Al momento del trapianto ai semenzali è stato somministrato un fertilizzante a lenta cessione e l'irrigazione è stata fornita con un impianto a goccia. Dopo 15 giorni dal trapianto e con cadenza bimestrale, su 60 piantine per miscela suddivise in tre blocchi randomizzati, sono stati rilevati i principali parametri bio-morfologici (altezza, diametro del fusto misurato alla base) e l'indice di clorofilla delle foglie (Minolta Chlorophyll Meter SPAD-502, Japan). Ad ogni rilievo è stato prelevato un campione di ciascuna miscela e sono stati determinati il pH e la conducibilità elettri-

Tab. 1 - Caratterizzazione fisica e chimica delle miscele.
Tab. 1 - Physical and chemical characteristics of the mixtures.

Parametri	Umidità alla capacità idrica di campo (%)	Umidità al punto di appassimento (%)	Peso di un vaso (kg)	Azoto totale (g kg^{-1})	Sostanza organica (%)	pH	Conducibilità elettrica (dS/m^{-1} 25 °C)
Terreno 50% Torba 25% Perlite 25%	42	31	6,24	1,96	7,03	5,08	1,64
Terreno 50% Biochar 50%	47	30	6,15	2,24	16,96	7	1,52
Terreno 50% Torba 12,5% Perlite 25% Biochar 12,5%	44	26	6,32	1,68	8,69	6	1,75
Terreno 50% Torba 25% Biochar 25%	49	30	6,13	2,8	15,72	6,05	1,67
Terreno 50% Torba 12,5% Compost 12,5% Biochar 25%	43	27	6,5	2,94	16,34	7,36	3,15
Terreno 50% Torba 12,5% Perlite 12,5% Compost 12,5% Biochar 12,5%	42	26	6,92	3,08	11,07	7,56	4,37
Terreno 50% Torba 25% Lapillo 25%	44	27	5,96	2,24	10,34	4,66	4,37

ca. I rilievi distruttivi sono stati effettuati su 6 piantine per tesi sia prima, sia dopo la ripresa vegetativa, a 14 e a 16 mesi dal trapianto, per la determinazione della sostanza secca, della sua ripartizione nella pianta (foglie, scheletro, radici, fittone) e per l'analisi del contenuto in azoto totale nelle medesime porzioni. L'analisi statistica dei risultati è stata realizzata utilizzando il programma StatSoft 6.0 (Vigonza, PD). È stata effettuata l'analisi della varianza (ANOVA) e le medie sono state separate con il test HSD di Tukey.

Risultati e discussione

Le miscele studiate all'inizio del ciclo di produzione avevano un pH estremamente variabile in funzione della composizione. La miscela testimone n.7 e la miscela n. 1, avendo mantenuto i valori più bassi per tutto il ciclo produttivo, sembrano idonee per l'allevamento di piantine di agrume e, in particolare, per il portinnesto utilizzato, notoriamente adatto per l'impiego in suoli non alcalini. Le miscele n. 2, 5 e 6 avevano un pH iniziale elevato e solo la prima, che peraltro era quella col più alto contenuto di biochar (50%), al termine della prova ha subito una forte riduzione. Pertanto, per la seconda e la terza la stabilità riscontrata è da ascrivere in misura maggiore alla presenza del compost che non a quella del biochar. Risultano particolarmente interessanti, invece, i livelli di pH

registrati per le miscele n. 3 e 4, per le quali l'apporto di biochar nella misura del 12,5 e 25% rispettivamente, ha consentito di raggiungere, fin dal trapianto, una reazione favorevole al portinnesto utilizzato (fig. 1A).

La conducibilità elettrica all'inizio del ciclo era proporzionalmente simile ai valori del pH, mentre al termine della prova tutte le miscele hanno mostrato una drastica riduzione dovuta al dilavamento dei sali nel periodo invernale. Le miscele n. 3 e 4 hanno evidenziato valori piuttosto simili a quelli del testimone e della miscela n. 1 anche all'inizio della prova (fig. 1B).

L'altezza raggiunta dalle piantine è stata significativamente maggiore in quelle allevate nella miscela testimone n. 7 e nella miscela n. 1 rispetto a quelle allevate nella miscela n. 2. Tutti i semenzali allevati nelle altre miscele hanno avuto un accrescimento simile a quelli della miscela n. 1 (fig. 2A). Il diametro dei tronchi è stato significativamente maggiore nelle piantine cresciute nella miscela n. 3 rispetto a quelle allevate nelle miscele n. 2, 5 e 6. In ogni caso tutte le miscele non mostravano differenze significative rispetto alle piante coltivate nel substrato aziendale (miscela n. 7) (fig. 2B).

Alla fine del periodo di osservazione le piantine allevate nella miscela n. 1 hanno evidenziato valori dell'indice SPAD significativamente superiori rispetto a quelli delle piantine allevate nelle miscele n. 2, 5 e 6. La miscela n. 5 è stata l'unica ad avere valori signifi-

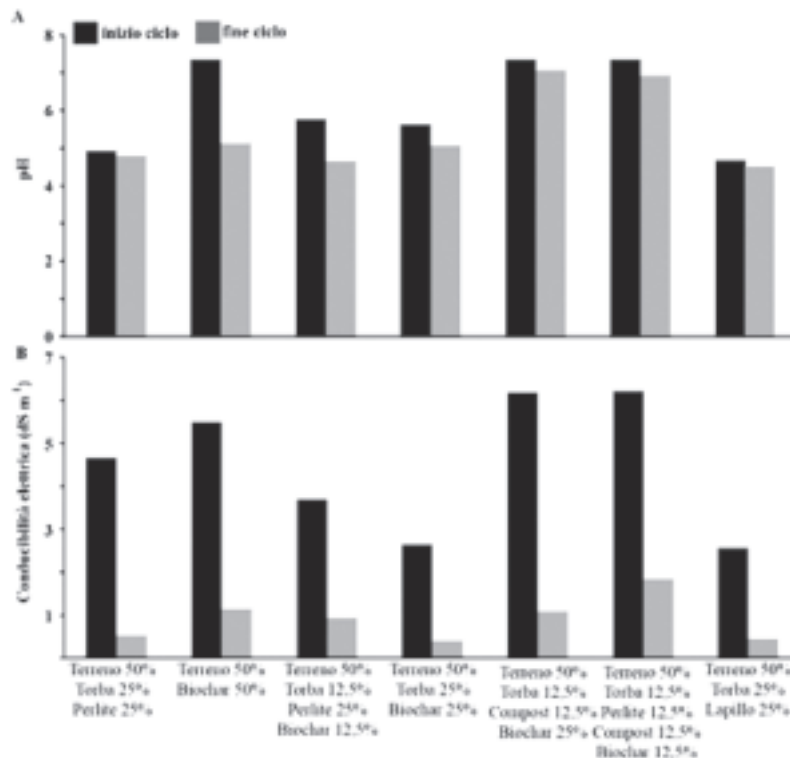


Fig. 1 - Valori di pH (A) e conducibilità elettrica (B) delle miscele all'inizio ed alla fine del ciclo di produzione dei portinnesti.
Fig. 1 - pH (A) and electrical conductivity (B) values of the mixtures at the beginning and at the end of the rootstocks production cycle.

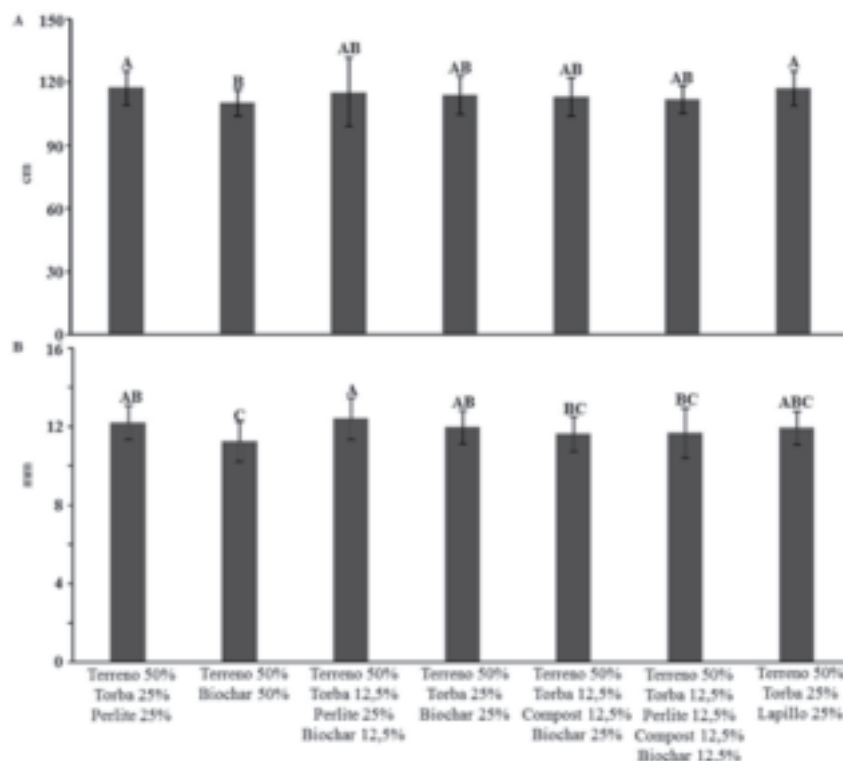


Fig. 2 - Altezza (A) e diametro del fusto (B) delle piantine allevate nelle miscele alla fine del ciclo di produzione. ANOVA e separazione delle medie con il test HSD di Tukey ($p \leq 0,01$; le barre rappresentano la ds).

Fig. 2 - Plants height (A) and trunk diameter (B) measured on rootstocks growing on mixtures at the end of the production cycle. ANOVA and mean separation by Tukey's HSD test ($p \leq 0,01$; bars represent sd).

ficativamente inferiori rispetto alla miscela testimone n. 7 (fig. 3). In analogia con quanto riscontrato per il pH, nelle miscele n. 5 e 6, la riduzione dell'indice potrebbe essere ascrivibile agli altri componenti, in particolare alla interazione con il compost.

Riguardo i rilievi distruttivi realizzati durante il riposo vegetativo, la sostanza secca accumulata nell'apparato fogliare, nello scheletro e nel fittone delle piantine è stata simile per tutte le miscele, mentre gli scostamenti più evidenti hanno riguardato lo sviluppo

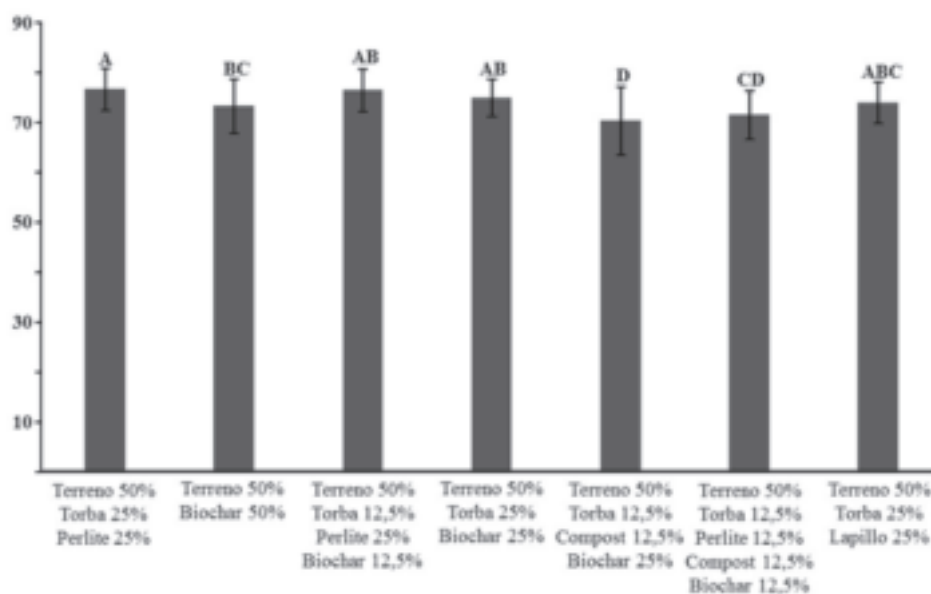


Fig. 3 - Indice SPAD rilevato sulle piantine allevate nelle miscele alla fine del ciclo di produzione. ANOVA e separazione delle medie con il test HSD di Tukey ($p \leq 0,01$; le barre rappresentano la ds).

Fig. 3 - SPAD index measured on rootstocks growing on mixtures at the end of the production cycle. ANOVA and mean separation by Tukey's HSD test ($p \leq 0,01$; bars represent sd).

delle radici. Infatti, l'accumulo maggiore si è avuto nelle miscele n. 1, mentre le miscele n. 2, 3, 4 e 5 hanno determinato una produzione di sostanza secca significativamente inferiore. Alla ripresa vegetativa nessuna differenza significativa è stata rilevata per la parte aerea, mentre nel caso delle radici le miscele n. 1 e 7 hanno determinato valori più elevati rispetto alla miscela n. 4. In merito al fittone si è evidenziata solo la differenza tra le miscele n. 1 e 2 (tab. 2).

Le medie dei valori registrati nelle due fasi fenologiche sono state simili per radici e fittone, mentre è stato rilevato un incremento significativo alla ripresa vegetativa per l'apparato fogliare e per lo scheletro. Questo comportamento è in linea con quanto riscontrato da Bevington and Castle (1985) i quali hanno messo in evidenza come negli agrumi, e in particolare nel citrange Carrizo, anche in condizioni pedoclimatiche non limitanti, i tassi di crescita delle radici diminuiscono durante la fase di emergenza di nuovi germogli e nelle fasi di crescita degli stessi. Quindi, la riduzione nel contenuto di sostanza secca osservata alla ripresa vegetativa per il testimone, la miscela n.1 e quella n. 6, probabilmente è dovuta a una maggiore quantità di radici secondarie e di capillizio soggette a degradazione tra un ciclo vegetativo e l'altro (tab. 2).

Nel complesso il peso secco delle piante è stato maggiore nella miscela testimone n. 1 rispetto alle miscele n. 5 e 6 rispettivamente prima e dopo la ripresa vegetativa (dati non riportati).

Infine, nelle quattro porzioni studiate, al riposo vegetativo, non è stata evidenziata alcuna differenza nel contenuto di azoto totale (dati non riportati).

Conclusioni

L'utilizzo del biochar di conifere come materia prima dei substrati di coltivazione per il vivaismo agrumicolo ha consentito tassi di crescita assimilabili a quelli registrati per le piantine allevate nel substrato testimone. Sebbene la percentuale del 50% di biochar non abbia pregiudicato lo sviluppo dei semenzali, il quantitativo che è sembrato essere più funzionale per il portinnesto studiato sembra essere il 25%. Ciò in funzione non solo dei risultati raggiunti alla fine del ciclo, ma anche in considerazione del fatto che quando utilizzato in percentuale superiore si è osservato un rallentato della velocità di crescita. L'abbinamento del biochar con le altre matrici utilizzate si è rivelato positivo anche se, quando miscelato con il compost, le performance dei semenzali hanno subito un peggioramento generalizzato a causa dell'eccessivo innalzamento della reazione del substrato. Infine, il minor sviluppo degli apparati radicali delle piantine allevate nel biochar, pur evidenziando una limitazione delle condizioni di abitabilità negli strati più profondi del vaso, andrebbe valutato attentamente sulla base della capacità di ripresa in campo e dell'efficienza dei sistemi radicali, attraverso il miglioramento della com-

Tab. 2 - Ripartizione della sostanza secca nelle piantine allevate nelle differenti miscele ^{a,b} (media \pm ds).
Tab. 2 - Dry weight partitioning of seedlings grown on different mixtures ^{a,b} (mean \pm sd).

Miscela ^a	Foglie (g)		Scheletro (g)		Radici (g)		Fittone (g)	
	Riposo vegetativo	Ripresa vegetativa	Riposo vegetativo	Ripresa vegetativa	Riposo vegetativo	Ripresa vegetativa	Riposo vegetativo	Ripresa vegetativa
Terreno 50% Torba 25% Perlite 25%	3,71 \pm 1,40	6,69 \pm 0,66	40,14 \pm 6,97	47,60 \pm 4,09	16,74 \pm 5,04a	11,26 \pm 0,24a	12,76 \pm 5,57	17,23 \pm 1,81a
Terreno 50% Biochar 50%	3,77 \pm 0,71	5,22 \pm 0,27	35,07 \pm 1,99	35,40 \pm 5,47	6,32 \pm 2,07b	6,97 \pm 0,62ab	12,68 \pm 0,81	9,14 \pm 6,44b
Terreno 50% Torba 12,5% Perlite 25% Biochar 12,5%	4,60 \pm 1,23	4,82 \pm 2,86	32,68 \pm 2,97	35,68 \pm 10,41	5,42 \pm 1,45b	8,04 \pm 2,65ab	13,74 \pm 0,57	14,92 \pm 2,16ab
Terreno 50% Torba 25% Biochar 25%	3,64 \pm 1,40	4,91 \pm 0,47	32,23 \pm 1,47	33,84 \pm 6,11	5,49 \pm 0,69b	6,07 \pm 1,02b	12,48 \pm 2,34	12,47 \pm 0,94ab
Terreno 50% Torba 12,5% Compost 12,5% Biochar	3,25 \pm 1,26	4,89 \pm 0,77	28,18 \pm 1,46	34,10 \pm 5,45	5,97 \pm 0,41b	7,46 \pm 1,36ab	9,74 \pm 0,78	10,46 \pm 0,68ab
Terreno 50% Torba 12,5% Perlite 12,5% Compost 12,5% Biochar 12,5%	4,39 \pm 0,39	5,05 \pm 1,49	33,37 \pm 3,90	32,95 \pm 5,39	11,93 \pm 6,97ab	7,20 \pm 1,87ab	12,15 \pm 2,36	10,99 \pm 3,45ab
Terreno 50% Torba 25% Lapillo 25%	4,87 \pm 2,83	4,77 \pm 1,70	33,65 \pm 5,06	43,09 \pm 5,03	12,36 \pm 7,29ab	10,92 \pm 2,52a	11,40 \pm 3,97	15,91 \pm 1,39ab
Media ^b	4,03 \pm 1,37	5,19 \pm 1,37	33,61 \pm 4,71	37,52 \pm 7,46	9,17 \pm 5,62	8,27 \pm 2,38	12,13 \pm 2,72	13,02 \pm 3,85
	**		*		ns		ns	

^a ANOVA e separazione delle medie con il test HSD di Tukey. Lettere diverse indicano differenze significative per $p \leq 0,05$; assenza di lettere = nessuna differenza significativa

^b ANOVA e differenze significative per: * $p \leq 0,05$; ** $p \leq 0,01$; ns = non significativo.

preensione del meccanismo di causa/effetto tra caratteristiche delle piantine e performance delle colture, in funzione della possibilità di riduzione delle dimensioni dei contenitori e dei relativi volumi di substrato impiegato.

Riassunto

Il biochar è stato valutato come componente alternativo per i substrati tradizionali su semenzali di citrange Carrizo. I semenzali sono stati allevati in vasi di polietilene riempiti con 7 miscele contenenti il 50% di terreno agrario e porzioni variabili di biochar di conifere, torba, perlite, compost e lapillo. I principali parametri bio-morfologici sono stati rilevati a cadenza bimestrale, mentre i rilievi distruttivi sono stati effettuati sia prima, sia dopo la ripresa vegetativa. Le piante allevate su substrato con biochar hanno fatto registrare tassi di crescita del fusto simili a quelli del testimone e uno sviluppo ridotto dell'apparato radicale.

Parole chiave: substrato, portinnesto, torba, compost, stato nutrizionale.

La ricerca è stata svolta nell'ambito del progetto "Indirizzi Tecnici e scientifici all'impianto e Alla Conversione dei frutteti all'Agricoltura biologica – ITACA" finanziato dal Ministero per le Politiche Agricole Alimentari e Forestali. Si ringrazia l'azienda Pianta Faro per la cortese ospitalità.

Bibliografia

- BEVINGTON K.B., CASTLE W.S., 1985. *Annual Root Growth Pattern of Young Citrus Trees in Relation to Shoot Growth, Soil Temperature, and Soil Water Content*. J. Amer. Soc. Hort. Sci., 110(6):840-845.
- BRIDGWATER A.V., MEIER D., RADLEIN D., 1999. *An overview of fast pyrolysis of biomass*. Organic Geochemistry, 30: 1479-1493.
- BRIDGWATER A.V., 2012. *Review of fast pyrolysis of biomass and product upgrading*. Biomass and Bioenergy 38: 68-94
- CZERNIK S., BRIDGWATER A.V., 2004. *Overview of application of biomass fast pyrolysis oil*. Energy Fuels 18: 590-598.
- DUMROESE R.K., HEISKANEN J., ENGLUND K., TERVAHAUTA A., 2011. *Pelleted biochar: chemical and physical properties show potential use as a substrate in container nurseries*. Biomass and Bioenergy, 35: 2018-2027.
- FASCELLA G. 2015. *Growing Substrates Alternative to Peat for Ornamental Plants*. "Soilless Culture – Use of Substrates for the Production of Quality Horticultural Crops". Md.
- GU, M. LI Q., STEELE P.H., NIU G., YU, F., 2013. *Growth of 'Fireworks' gomphrena in substrates amended with biochar*. Journal of Food, Agriculture & Environment, 11(1): 819-821.
- LANDIS T.D., TINUS R.W., McDONALD S.E., BARNETT J.P., 1990. *Containers and growing media*. In: The container tree nursery manual, vol. 2. Washington, DC, USA: USDA Forest Serv. Agric. Handbook 674.
- SPRINGER U., KLEE J., 1954. *Prüfung der Leistungsfähigkeit von einigen wichtigeren Verfahren zur Bestimmung des Kohlenstoffs mittels Chromschwefelsäure sowie Vorschlag einer neuen Schnellmethode*. Z Pflanzenernähr Dang Bodenk. 64: 1.
- TIAN Y., SUN X., LI S., WANG H., WANG L., CAO J., ZHANG L., 2005. *Biochar made from green waste as peat substitute in growth media for Calathea rotundifolia cv. Fasciata*. Scientia Horticulturae 143:15–18.