



Caratterizzazione del biochar di pioppo

Primi aspetti agronomici e biochimici

di Rodolfo Picchio, Simone Cantamessa, Pierluigi Paris, Marco Grendele

I residui della pioppicoltura (ramaglie, cimali ed apparati radicali) attualmente vengono principalmente recuperati a fini energetici sotto forma di sminuzzato. Per un'ulteriore valorizzazione economica e possibile reimpiego in azienda, la trasformazione in biochar rappresenta una possibile prospettiva che merita valutazioni agronomiche e biochimiche.

La parola "biochar" è un neologismo che unisce le parole "bio" (dal greco, vita) e "char" (dall'inglese, carbone). Il termine "bio" sottolinea l'origine biologica del materiale. La definizione di "biochar" è stata scelta dall'International Biochar Initiative (IBI) ed è comunemente definita come "la materia organica carbonizzata prodotta con l'intento di applicarla ai terreni per sequestrare il carbonio e migliorarne le proprietà". La scoperta delle sue proprietà agronomiche risale alle civiltà di epoca precolombiana che, per incrementare la scarsa produttività dei suoli, usavano interrare il carbone vegetale.

Parole chiave

carbonizzazione, ammendante, pioppicoltura, carbonio, biochar, CARTER, Misura 16, PSR, Regione Veneto

Generalmente la carbonizzazione è definita come un processo fisico-chimico a carico dei due componenti più importanti del legno: la lignina e la cellulosa. Questo processo avviene per riscaldamento della legna in ambiente povero di ossigeno e una prima trasformazione attorno ai 165°C con emissione principalmente di anidride carbonica e vapore acqueo. La carbonizzazione vera e propria inizia attorno ai 250°C mediante processi di trasformazione principalmente a carico della lignina e della cellulosa. In funzione della tipologia di carbonizzazione il processo può proseguire fino a temperature superiori agli 800°C. Un'evoluzione della carbonizzazione classica è la pirogassificazione che oggi suscita particolare interesse nel settore energetico: gestendo con tecnologie avanzate la carbonizzazione è possibile ottenere un gas ("syngas") con un

medio potere calorifico e un sottoprodotto solido chiamato "char".

Le caratteristiche del biochar dipendono dal materiale di origine e dal processo di produzione (ZHAO *et al.* 2013). Le condizioni operative che durante la pirolisi possono influire sulle caratteristiche fisiche del prodotto sono: velocità di riscaldamento, temperatura di carbonizzazione, tempo di permanenza, pressione, pretrattamenti della biomassa. L'obiettivo di questo contributo è la prima caratterizzazione del biochar ottenuto da un prototipo di fornace mobile sviluppato nell'ambito del progetto CARTER (Box 1), mediante analisi fisico chimiche e 2 test di germinabilità.

Caratterizzazione

Il biochar può considerarsi un prodotto con un insieme unico di caratteristiche fisico-strutturali

e chimiche, derivanti dalla combinazione del tipo di materia prima con le condizioni di pirolisi. Questi stessi parametri sono fondamentali, inoltre, nel determinare la dimensione delle particelle e dei pori che caratterizzeranno il biochar prodotto (KRULL *et al.* 2009).

I pioppi (*Populus spp.*) sono alberi di ampia distribuzione e a rapido accrescimento. Il legno è indifferenziato e quindi ha un basso contenuto di estrattivi. La porosità è diffusa, i vasi e i raggi non risultano visibili ad occhio nudo. La massa volumica in condizioni di umidità normale può variare tra 0,28 e 0,52 g/cm³, in media intorno a 0,34 g/cm³ (GIORDANO 1988). Un aspetto interessante da sottolineare è l'uniformità dello spessore della parete delle cellule nell'ampiezza anulare. Questo può influenzare le caratteristiche del biochar: infatti, la struttura cellulare dello xilema si riflette nella struttura del biochar ed in particolare nella sua porosità. Riassumendo, **le caratteristiche del legno di pioppo sono teoricamente adatte alla produzione di un biochar di ottima qualità**, ma le caratteristiche del prodotto sono influenzate dal processo e dalle temperature.

Il biochar analizzato è stato ottenuto dalla carbonizzazione a temperature medie (450°C), di sminuzzato (cippato) di rami e di cimoli di pioppo ibrido, derivanti da impianti di arboricoltura da legno situati nella provincia di Rovigo. La carbonizzazione è stata eseguita nel prototipo di forno mobile verticale (Tabella 1) sviluppato nell'ambito del progetto CARTER (PSR 2014-2020 - Regione Veneto - Mis. 16). Gran parte dell'input energetico (98%) del processo è stato generato dal medesimo prodotto immesso in carbonizzazione attraverso un bruciatore centralizzato a cippato.

La distribuzione granulometrica trovata nel biochar (Tabella 2) rispecchia in parte il materiale di partenza, registrando una leggera diminuzione delle dimensioni medie; tuttavia, il sistema di carbonizzazione definibile come "mediamente lento" (<12 h) e le medie temperature di carbonizzazione utilizzate hanno limitato la diminuzione dimensionale. I livelli di porosità rilevati risultano idonei per un impiego agronomico e la coltivazione fuori suolo: in particolare la tipologia di porosità evidenziata migliora la capacità di ritenzione idrica.

Il grado di ritiro può essere definito trascurabile, qualità questa importante nella creazione di substrati miscelati.

Dall'analisi della Tabella 3 si nota che il biochar prodotto è alcalino, anche se con un pH inferiore rispetto a biochar prodotti a temperature più elevate: si tratta di un fenomeno ormai

BOX 1 - IL PROGETTO CARTER

CARTER (CARbonio nel TERreno) è l'acronimo di un progetto finanziato dal Programma di Sviluppo Rurale 2014-2020 della Regione Veneto all'interno della Misura 16 - Cooperazione il cui titolo per esteso è "Biochar e nuove superfici forestali: binomio vincente per la conservazione e sequestro del carbonio nel terreno" (www.progettocarter.it). Ha affrontato due problematiche:

- il declino della pioppicoltura: a fronte di un consistente e continuo aumento della domanda di legno di pioppo si nota una marcata e costante contrazione delle superfici a pioppeto (che ad oggi risultano del tutto insufficienti);
- l'impoverimento del suolo: il forte sviluppo delle pratiche agricole intensive ha provocato la perdita di sostanza organica, che a oggi viene reintegrata con una gestione, più o meno oculata, dei residui colturali e con apporti di sostanze esogene.

Il progetto si è posto come obiettivo principale quello di accrescere la superficie a pioppeto e ad altre forme di arboricoltura da legno sui suoli agricoli, cercando di coniugare la produzione di assortimenti pregiati con lo stoccaggio e la conservazione del carbonio nel suolo. Tale osservazione avviene mediante l'uso del biochar come ammendante organico, prodotto con gli scarti dell'utilizzazione del pioppeto (rami, cimoli, ecc.).

CARTER presenta nel suo svolgimento tre principali aspetti innovativi:

- aumento dell'uso dei cloni MSA del pioppo;
- utilizzo degli scarti di utilizzazione e dei residui di potatura per la produzione di biochar;
- uso del biochar come ammendante organico.

Caratteristica	Dato tecnico
Costo della macchina ¹⁾	<39.000,00 €
Centralina termica di funzionamento automatizzata a cippato	Potenza termica nominale 25 kW
Necessità allaccio	Rete 220 V
Consumo cippato	0,020-0,035 mstr h ⁻¹ di funzionamento
Produzione ceneri	0,2-0,4 kg
Consumo elettrico	0,02-0,06 kWh
Capienza	1,2 m ³
Capacità lavorative	1,2 m ³ di cippato con umidità tal quale
Processo	Discontinuo
Resa di biochar in volume	25-38%
Produzione liquido di carbonizzazione	3-10 l
Tempo di processo attivo	5-10 h
Tempo di processo passivo e raffreddamento	24 h
Carico	Attraverso collo d'oca della cippatrice o tramite coclea
Scarico	Per gravità

¹⁾Riferito al processo di produzione del prototipo, in teorica scala produttiva sarà soggetto a sensibile diminuzione.

Tabella 1 - Principali caratteristiche del prototipo di forno mobile sviluppato nell'ambito del progetto CARTER. Dati preliminari ottenuti dalle prime tre prove.



Immagine schematica del processo di produzione di biochar attraverso il prototipo realizzato nell'ambito del progetto CARTER: dal cippato (a sinistra) al biochar (a destra).

noto e attribuito a idrossidi di potassio e sodio, carbonati di magnesio e calcio e alla riorganizzazione della sostanza organica. Le quantità di ceneri rilevate risultano a livelli molto bassi e costituite principalmente da metalli alcalini (Ca, K, Mg). Per quanto riguarda il contenuto in azoto totale, questo biochar ne risulta particolarmente ricco. Si può affermare che questo prodotto può essere ritenuto un materiale interessante nell'impiego agronomico mostrandosi ricco di nutrienti, in particolare di potassio, soprattutto nella sua forma solubile.

Aspetti agronomici

L'incorporazione in suoli agricoli di prodotti carboniosi derivanti dalla carbonizzazione o pirolisi di biomasse è una delle strategie vincenti per mitigare i cambiamenti climatici, in linea con i dettami proposti dall'Agenda 2030 per uno sviluppo sostenibile (ASSEMBLY 2015).

In particolare, il biochar è costituito da carbonio in forma ridotta con cicli di mineralizzazione molto lunghi che innalzano così l'efficacia di sequestro del carbonio nella forma ossidata (BELLIENI *et al.* 2017). Numerosi sono i lavori in letteratura che riportano effetti positivi del biochar come ammendante sulla componente chimico-fisica e biologica del suolo. **L'applicazione in campo può aumentare la biomassa delle piante e migliorare le risposte fisiologiche durante stress biotici ed abiotici.** Di contro è necessario studiare eventuali effetti negativi dovuti a un cambio di albedo del suolo e all'emissione di particolati e idrocarburi derivanti dai processi produttivi. Nell'ambito di queste prime analisi sono state effettuate prove di fitotossicità valutando la germinazione dei semi e l'elongazione dell'ipocotile (MASSA *et al.* 2018).

Le analisi sono state condotte utilizzando due differenti metodologie al fine di avere una **visione differenziata tra comportamento di specie arboree ed erbacee** in funzione del substrato di crescita e presenza di biochar. Per le specie arboree è stato scelto il seme di *Populus alba* L. e i test sono stati eseguiti con la metodica descritta da BACCHETTA *et al.* (2006) e SIMAK (1982). Al termine delle prove sono stati valutati la percentuale di germinazione, la lunghezza dell'epicotile e la lunghezza dell'ipocotile (Grafico 1). Dall'analisi di questi primi risultati la germinazione dei semi di pioppo e l'allungamento dell'epicotile non sono influenzate dalla presenza di biochar. Per contro, il biochar sembra avere un effetto depressivo sull'allungamento dell'ipocotile, pur non mostrando differenze in funzione della concentrazione.

L'altra metodologia, per testare l'effetto sulle erbacee, ha previsto la determinazione dell'inibizione della germinazione e dell'allungamento radicale in *Cucumis sativus* L. (Cetriolo), *Lepidium sativum* L. (Crescione), *Sorghum saccharatum* Moench (Sorgo) (UNICHIM Metodo 1651 - 2003). Al termine sono stati valutati la percentuale di germinazione e la lunghezza degli elementi di accrescimento.

I primi risultati hanno evidenziato un'influenza positiva sulla percentuale di germinazione dovuta al biochar rispetto al solo suolo standard, ma non ai livelli del controllo con sola acqua (Grafico 2). Il medesimo effetto è stato osservato in termini di lunghezza degli organi di accrescimento. In generale la concentrazione



Parametro	Unità di misura	Valore medio
Classe granulometrica principale (5-10 mm)	%	42,3
Classe granulometrica minoritaria (<2 mm)	%	11,3
Porosità totale	% vol	93,1
Aria pF 1	% vol	48,1
Acqua pF 1	% vol	45,0
Grado di restringimento	% vol	1,0
Microporosità (0,3-1,5 nm)	m ² g ⁻¹	504,8

Tabella 2 - Proprietà fisiche del biochar prodotto dal prototipo di fornace mobile.

Parametro	Unità di misura	Valore medio
pH	-	8,9
Conducibilità elettrica (EC)	mS m ⁻¹	21,2
Capacità di scambio cationico (CSC)	cmol* kg ⁻¹	256
C-H-O	% in massa su base secca	66,6-3,8-13,8
Ceneri	mg g ⁻¹	158
N _{tot}	g kg ⁻¹	7,69 (di cui N-NH ₄ sol 1,25 mg kg ⁻¹)
P _{tot}	g kg ⁻¹	5,81 (di cui P _{sol} 79,68 mg kg ⁻¹)
K _{tot}	g kg ⁻¹	10,11 (di cui K _{sol} 1514 mg kg ⁻¹)
Ca _{tot}	g kg ⁻¹	41,2 (di cui Ca _{sol} 284 mg kg ⁻¹)
Mg _{tot}	g kg ⁻¹	7,87 (di cui Mg _{sol} 75,8 mg kg ⁻¹)
Fe _{tot}	mg kg ⁻¹	356 (di cui Fe _{sol} 8,58 mg kg ⁻¹)
Mn _{tot}	mg kg ⁻¹	187 (di cui Mn _{sol} 2,84 mg kg ⁻¹)
Zn _{tot}	mg kg ⁻¹	164 (di cui Zn _{sol} 0,74 mg kg ⁻¹)
Cu _{tot}	mg kg ⁻¹	14,8 (di cui Cu _{sol} 0,31 mg kg ⁻¹)

Tabella 3 - Proprietà chimiche del biochar prodotto.

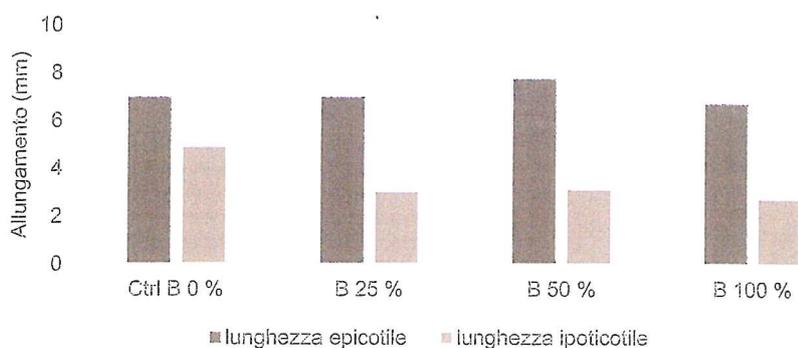


Grafico 1 - Valutazione dell'allungamento dell'epicotile e dell'ipocotile di semi di pioppo bianco allevati su substrati con diverse concentrazioni di biochar.

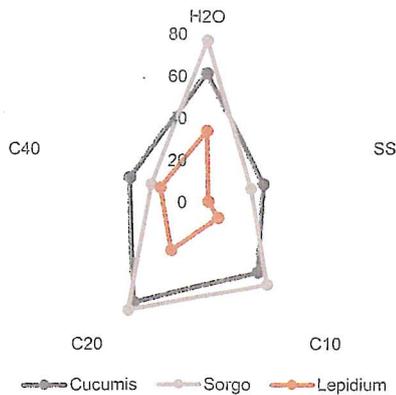


Grafico 2 - Percentuale di germinazione delle tre specie impiegate in funzione dei differenti livelli di biochar. (H₂O: solo acqua; SS: solo suolo standard; C10, C20 e C40: miscela CC e, rispettivamente: 10%, 20% e 40% in massa di biochar).

ne al 10% ha fornito il risultato meno positivo mentre quella al 20% ha dato i migliori risultati. La concentrazione di biochar del 40% ha evidenziato un riavvicinamento ai valori registrati per la concentrazione del 10%.

Questi dati sono sempre riferiti al suolo standard, mentre il controllo con acqua rimane sempre tendenzialmente al di sopra dei valori riscontrati nei vari trattamenti. La caratterizzazione del biochar dal prototipo di fornace mobile proseguirà in pieno campo, nell'ottica del "carbon farming" nell'arboricoltura da legno ed agroforestazione (Pini *et al.* 1999).

Considerazioni

Questa prima caratterizzazione del biochar ottenuto dal prototipo di fornace mobile sviluppato nel progetto CARTER ha evidenziato interessanti peculiarità. Come visto, le caratteristiche del materiale di partenza, legno di pioppo, fanno presagire **la possibilità di produrre un biochar di ottima qualità**. I livelli di porosità rilevati risultano idonei per un impiego agronomico e per la coltivazione fuori suolo, inoltre, risulta un prodotto particolarmente **idoneo alla creazione di substrati miscelati e ricco di nutrienti**, in particolare di potassio, soprattutto nella sua forma solubile. Tuttavia, le prove sulla germinabilità non hanno evidenziato un effetto oltremodo positivo, almeno nel breve periodo. In conclusione, il processo di carbonizzazione in fase di sperimentazione risulta **sostenibile dal punto di vista aziendale**, fornendo del buon materiale e garantendo la valorizzazione dei residui di produzione meno valorizzabili. Sebbene il biochar prodotto risulti con un ottimo livello qualitativo, **solo le future prove in campo potranno fornire certezza delle prospettate potenzialità**, evidenziabili



effettivamente solo nel medio breve periodo. Il progetto prevede di verificare la fattibilità di tale filiera nel contesto aziendale della pioppicoltura veneta. Dalle prime analisi del territorio ed i seguenti contatti aziendali, si delinea un particolare interesse a dare seguito a tale iniziativa e non si evidenziano sostanziali limiti applicativi nell'ambito territoriale specifico.

BIBLIOGRAFIA

- ASSEMBLY U. G., 2015 - **Transforming our world: the 2030 Agenda for Sustainable Development: Draft resolution referred to the United Nations summit for the adoption of the post-2015 development agenda by the General Assembly at its sixty-ninth session. A/70/L. 1**, 18 September 2015. <http://undocs.org/A/70/L.1> (accessed 19 April 2016).
- BACCHETTA G., BELLETTI P., BRULLO S., CAGELLI L., CARASSO V., CASAS J. L., VIREVAIRE M., 2006 - **Manuale per la raccolta, studio, conservazione e gestione ex situ del germoplasma**. APAT. Vol. 37, 244 pp.
- BELLIENI M., BRENNI S., CASERINI S., ACUTIS M., PEREGO A., SCHILLACI C., MIGUETTA F., 2017 - **Il contributo dello stoccaggio di carbonio nei suoli agricoli alla mitigazione del cambiamento climatico**. *Ingegneria dell'Ambiente*, 4(2): 161-176.
- GIORDANO G., 1988 - **Tecnologia del legno. I legnami del mondo**. Vol. 3 UTET, Torino, 1.887 pp.
- KRULL E.S., BALDOCK J.A., SKJEMSTAD J.O., SMERNIK R.J., 2009 - **Characteristics of biochar: Organico-chemical properties**. In: Lehmann J., Joseph S. (Eds) **Biochar for Environmental Management, Science and Technology**. Earthscan, London. 438 pp.
- MASSA N., CESARO P., TODESCHINI V., BONA E., CANTAMESSA S., BERTA G., 2018 - **Evaluation of soil toxicity using different biotests on Pisum sativum: a case study**. *Plant Biosystems-An International Journal Dealing with all Aspects of Plant Biology*, 152(5): 1191-1198.
- PINI R., PARIS P., PISANELLI A., VIGNA GIUDI G., 1999 - **Relationships between soil physical characteristics and different plantation understory managements in a common walnut (*Juglans regia* L.) plantation in central Italy**. *Agroforestry Systems*, 46: 95-105

SIMAK M., 1982 - **Germination and storage of *Salix caprea* L. and *Populus tremula* L. seeds**. In Proceedings of the International Symposium on Forest Tree Seed Storage: September 23-27, 1980, Petawawa National Forestry Institute, Chalk River, Ontario, Canada, KOJ 1J0/compiled and edited by BSP Wang, JA Pitel. Ottawa: Canadian Forestry Service, Environment Canada, 1982.

ZHAO L., CAO X., MASEK O., ZIMMERMAN A., 2013 - **Heterogeneity of biochar properties as a function of feedstock source and production temperatures**. *Journal Hazard Mater* 256-257: 1-9.

INFO AUTORI

- Rodolfo Picchio**, Università degli Studi della Tuscia - DAFNE. E-mail: rpicchio@unitus.it
- Simone Cantamessa**, CREA - Centro di ricerca Foreste e Legno. E-mail: simone.cantamessa@crea.gov.it
- Pierluigi Paris**, CNR - Istituto di Ricerca sugli Ecosistemi Terrestri. E-mail: pierluigi.paris@cnr.it
- Marco Grendele**, Landes Group. E-mail: marco@landes-group.it
- Nell'ambito del progetto CARTER, hanno inoltre collaborato alla redazione di questo articolo anche:
- Angela Lo Monaco, Rachele Venanzi, Andrea Colantoni**, Università degli Studi della Tuscia - DAFNE;
- Pier Mario Chiarabaglio, Achille Giorcelli**, CREA - Centro di ricerca Foreste e Legno;
- Marco Lauteri**, CNR - Istituto di Ricerca sugli Ecosistemi Terrestri.

Il presente articolo è inserito tra le iniziative di comunicazione tecnica previste dal progetto CARTER. Finanziato dal Programma di Sviluppo Rurale 2014-2020 della Regione Veneto all'interno della Misura 16 - Cooperazione, e vede come capofila Confagricoltura Rovigo.

