

Carbone vegetale

Autori: Daniel Bretscher, Nikolas Hagemann, Sonja Keel e Jens Leifeld
Versione: 1 / novembre 2023

Il carbone vegetale è il prodotto del trattamento termico della biomassa in ambiente povero di ossigeno (pirolisi, almeno 450 °C) e in agricoltura è utilizzato come additivo negli alimenti per animali e per il compostaggio, come ammendante nonché per il trattamento dei concimi aziendali nelle stalle e negli impianti di stoccaggio.

Tabella 1: Dati chiave della misura

Campo di applicazione	Campicoltura, orticoltura (superfici inerbite, bestiame da latte), agricoltura in generale
Livello di attuazione	Agricoltori (utilizzo del carbone vegetale), autorità pubbliche (regolamentazione)
Livello di azione	Campi, stalle, impianti di stoccaggio dei concimi aziendali, animali
Redditività	Incerta/variabile, non è possibile formulare affermazioni di validità generale
Obiettivo d'efficacia	Carbonio (C), azoto (N)
Sottocategoria dell'obiettivo d'efficacia	Nitrato (NO_3^-), protossido di azoto (N_2O), ammoniaca (NH_3), anidride carbonica (CO_2), eventualmente metano (CH_4)
Tempistica	A lungo termine, poiché sono necessarie altre attività di ricerca. In caso di attuazione efficace, si avrebbe un impatto a breve-medio termine.
Azione/potenziale di riduzione	Incerti/variabili

Meccanismo di azione

La presente scheda tecnica illustra in che modo i diversi utilizzi del carbone vegetale contribuiscono a ridurre le perdite di sostanze nutritive. Tuttavia, al momento sono ancora poco chiari i processi biochimici che di fatto intervengono e la comunità scientifica è ancora piuttosto discorda riguardo alla sua reale efficacia in termini di riduzione dei flussi totali di sostanze nutritive.

La superficie specifica molto grande del carbone vegetale consente di fissare in particolare le sostanze nutritive azotate mobili. Nel caso ideale le sostanze nutritive sarebbero a disposizione delle colture in quantitativi maggiori e per un periodo di tempo più lungo in funzione delle loro esigenze. Ciò permetterebbe di ridurre le perdite di sostanze nutritive lungo l'intera catena di utilizzo dei concimi aziendali e di migliorare l'efficacia della concimazione.

In genere è possibile distinguere tra l'utilizzo come (i) additivo negli alimenti per animali, (ii) lettiera nelle stalle, (iii) additivo per liquame, letame e compost e l'utilizzo (iv) diretto e indiretto (p.es. tramite substrati di coltura) correlato al suolo.

Oltre all'impatto diretto sulle perdite di sostanze nutritive, con il carbone vegetale si possono eventualmente ottenere risultati indiretti grazie al miglioramento della salute degli animali nonché all'aumento delle rese e anche della loro sicurezza.

L'utilizzo del carbone vegetale può comportare effetti collaterali positivi e negativi di cui occorre evidentemente tenere conto.



Grazie alla sua grande superficie specifica, il carbone vegetale riesce a fissare le sostanze nutritive (Foto: Agroscope).



Vantaggi/Sinergie

- Gli effetti in termini di aumento delle rese sono noti soprattutto nelle aree di coltivazione tropicali e sono più attenuati nelle zone con clima temperato e suoli giovani (Jeffery et al., 2017).
- L'uso del carbone vegetale consente di aumentare il valore del pH nel suolo, con effetti positivi sull'efficienza della concimazione e sulle rese.
- Grazie all'elevata stabilità del carbonio nel carbone vegetale, questo elemento viene immagazzinato nel suolo per lunghi periodi. Su un arco di tempo prolungato viene quindi sottratto CO₂ all'atmosfera e ciò contribuisce alla protezione del clima (Schmidt et al., 2019; Rodrigues et al., 2023).
- È possibile che la somministrazione di carbone vegetale ai ruminanti riduca le emissioni di metano derivanti dal processo digestivo degli animali e dallo stoccaggio dei concimi aziendali. I dati scientifici disponibili sono tuttavia limitati e non consentono di trarre conclusioni chiare.
- La riduzione delle emissioni di protossido di azoto nelle stalle, durante lo stoccaggio dei concimi aziendali e dal suolo può contribuire alla protezione del clima, seppure non sia ancora chiaro quanto duri tale effetto (Borchard et al., 2019).
- Grazie alla grande superficie specifica del carbone vegetale e al fatto che favorisce la formazione di aggregati, l'acqua può essere immagazzinata per un periodo di tempo prolungato, il che contribuisce a migliorare il bilancio idrico dei suoli e ad aumentare così la resilienza al clima (Gao et al., 2020; Oduor Omondi et al., 2016).
- La pirolisi è un processo in cui viene rilasciata energia, di solito utilizzabile per produrre calore (p.es. per riscaldare o per essiccare il cippato di legno) e/o elettricità.
- È possibile ridurre le emissioni di odori provenienti dalle stalle nonché dallo stoccaggio e dalla distribuzione dei concimi aziendali.

Svantaggi/Limitazioni/Conflitti di obiettivo

- Sussistono notevoli dubbi sull'impatto del carbone vegetale su diversi processi. In particolare non sono ancora stati svolti studi in merito agli effetti a lungo termine sui (micro)organismi presenti nel tratto digerente degli animali, nei concimi aziendali e nel suolo.
- Il carbone vegetale non deve essere utilizzato nel caso di concentrazioni elevate di inquinanti (soprattutto idrocarburi poliaromatici). Le concentrazioni di inquinanti dipendono dalla gestione del processo e dal substrato di partenza. Pertanto è possibile distribuire solo carbone vegetale certificato [European Biochar Certificate](#) (stato: agosto 2023).
- La trasformazione della biomassa in carbone vegetale è in concorrenza con altre forme di utilizzo, per esempio come fonte di energia nell'utilizzo diretto (p.es. cippato di legno) o indiretto (produzione di biogas).

Interazioni

Piano di concimazione: dato che la disponibilità di sostanze nutritive può essere influenzata in modo determinante, vi sono interazioni in particolare in relazione a tutte le misure di pianificazione della concimazione.

Disponibilità della biomassa: la biomassa è generalmente limitata e può essere utilizzata per scopi molto diversi (derrate alimentari, alimenti per animali, fonte di energia, materiale edile, sequestro di C). Lo [European Biochar Certificate](#), il certificato europeo per il carbone vegetale, esclude l'utilizzo come substrato iniziale di qualsiasi biomassa potenzialmente in concorrenza con le derrate alimentari e gli alimenti per animali. L'utilizzo del carbone vegetale non è però sempre la soluzione migliore e pertanto occorre in ogni caso valutarlo criticamente rispetto ad altre alternative.

Attuazione: dispendio/Procedura/Applicazione/Fattibilità

A causa delle incertezze che sussistono sul piano scientifico, l'uso del carbone vegetale per ridurre le perdite di sostanze nutritive può essere raccomandato solo a determinate condizioni. L'utilizzo è giustificato soprattutto in condizioni favorevoli nel complesso (disponibilità di biomassa idonea, potenziale di risparmio di sostanze nutritive teoricamente elevato).

A grandi linee si possono distinguere i seguenti tipi di utilizzo per il carbone vegetale:

- somministrazione agli animali finalizzata a migliorare la loro salute e quindi l'efficienza del foraggiamento ed, eventualmente, a fissare le sostanze nutritive «in eccesso» già in fase di digestione;
- somministrazione ai ruminanti per ridurre le emissioni di metano provenienti dalla digestione;
- lettiera nelle stalle per fissare le sostanze nutritive e in particolare per ridurre le emissioni di ammoniaca;
- additivo per il liquame, il letame e il compost allo scopo di fissare le sostanze nutritive e, in particolare, di ridurre le perdite di ammoniaca e nitrati nonché per rendere disponibili le sostanze nutritive per le piante su un arco di tempo prolungato;
- immissione nel suolo per fissare le sostanze nutritive e ridurre le perdite di nitrati e protossido di azoto.

Nella pianificazione e nella gestione di un impianto di pirolisi occorre prestare attenzione a utilizzare il calore prodotto nel modo più efficiente possibile.

In generale, la produzione e l'impiego del carbone vegetale in agricoltura dovrebbero avvenire secondo il principio di un utilizzo a cascata: dall'uso dell'energia prodotta durante il processo di pirolisi, passando per la somministrazione agli animali, l'uso come lettiera nelle stalle o come additivo per lo stoccaggio dei concimi aziendali, fino alla distribuzione in pieno campo. Prima si introduce il carbone vegetale nella catena, inglobando un gran numero di processi diversi, maggiore è l'impatto totale. Se il carbone vegetale è utilizzato come additivo negli alimenti per animali, è importante rispettare le raccomandazioni di dosaggio e monitorare attentamente gli effetti sulle prestazioni e sulla salute degli animali. Il carbone vegetale dovrebbe venir sempre «caricato» con sostanze nutritive prima di essere distribuito, altrimenti le sostanze nutritive libere potrebbero venir immobilizzate nel suolo.

Requisiti/Condizioni

- Materiale di partenza disponibile in quantità sufficiente (considerare i possibili usi alternativi della biomassa)
- Basso tenore di inquinanti (certificato, ordinanza sui concimi)
- Possibilità di utilizzare il calore prodotto durante la pirolisi

Valutazioni

Redditività

Qui di seguito si valuta la redditività sotto il profilo qualitativo, poiché per ora i dati disponibili sono ancora molto limitati e le rese e i costi (versamenti anticipati, costi del lavoro, costi del capitale) variano considerevolmente a seconda della forma di applicazione e di attuazione nonché del contesto.

- **Versamenti anticipati:** l'acquisto di carbone vegetale è per ora ancora molto costoso (ca. 1000 fr./t).
- **Costi del capitale:** la pianificazione e l'installazione di un proprio impianto di pirolisi comporta ingenti investimenti.
- **Costi del lavoro:** molto variabili a seconda del tipo di applicazione e di attuazione.
- **Rese:** molto variabili a seconda del tipo di applicazione e di attuazione nonché a seconda dell'impatto nel contesto specifico. È necessario tenere conto delle eventuali maggiori entrate derivanti dai benefici supplementari (p.es. rese più stabili ed eventualmente maggiori o migliore salute degli animali). Quando si gestisce un proprio impianto di pirolisi, la valorizzazione dell'energia è un fattore importante. Possono essere generate entrate supplementari attraverso i certificati di emissione.

Attualmente vi sono numerosi sviluppi nella produzione e nell'utilizzo del carbone vegetale che ne influenzano la redditività. Si raccomanda pertanto di procedere a un'analisi della redditività al momento opportuno e tenendo conto delle condizioni particolari.

Potenziale di riduzione

Al momento mancano i dati scientifici necessari per poter formulare affermazioni affidabili sul potenziale di riduzione delle perdite di sostanze nutritive. In caso di utilizzo multiplo (pirolisi – somministrazione agli animali – lettiera nelle stalle – additivo per lo stoccaggio dei concimi aziendali – distribuzione in pieno campo), le perdite di sostanze nutritive possono essere talvolta ridotte in misura significativa. Tuttavia, il potenziale dipende molto dalle condizioni quadro specifiche e dal modo in cui è gestita l'azienda. A causa della disponibilità limitata di carbone vegetale, il suo utilizzo ha senso soprattutto nelle aziende con potenziali di riduzione elevati.

La quantità totale di carbone vegetale disponibile dipende molto dalla disponibilità di biomassa. Questa va presa in considerazione in ogni caso. Per la Svizzera lo studio più recente ipotizza una produzione annua di 0,04 Mt di carbone da biomassa ricavata da legno proveniente dalla cura del paesaggio (Keel et al., 2023).

Criteri di successo/Qualità

L'impatto diretto del carbone vegetale sui singoli schemi di perdita dell'azoto è difficile da misurare a livello di singola azienda. In futuro potrebbe essere possibile stimarlo con l'ausilio di modelli. Tuttavia, a causa delle notevoli incertezze e della scarsissima conoscenza dei diversi processi si possono formulare solo affermazioni molto generiche e approssimative.

È eventualmente possibile stimare un aumento dell'efficienza in termini di produzione (prestazioni degli animali, rese dei campi, efficienza della concimazione). A causa delle forti fluttuazioni delle rese della produzione vegetale dovute alle condizioni meteorologiche, occorre effettuare un monitoraggio dell'impatto sull'arco di diversi anni o addirittura decenni.

Un impatto sul bilancio OSPAR (OSPAR: Convenzione per la protezione dell'ambiente marino dell'Atlantico nordorientale) può essere ottenuto aumentando le rese (effetto probabilmente trascurabile) o riducendo l'uso di concimi minerali. È possibile utilizzare meno concimi minerali se si impiegano i concimi aziendali in modo più efficiente o se diminuiscono le perdite dal suolo, ma a tal fine occorrerebbero ulteriori condizioni quadro di politica agricola, poiché non si può partire dal presupposto che gli agricoltori ridurrebbero sempre automaticamente i quantitativi di concimi utilizzati.

Prospettive per le parti interessate

Attualmente, la valutazione di molte parti interessate (pratica agricola, associazioni, imprese, autorità) sull'efficacia del carbone vegetale in agricoltura in termini di efficienza delle sostanze nutritive non corrisponde al livello delle conoscenze scientifiche. È molto probabile che le aspettative, talvolta ottimistiche, non potranno essere soddisfatte.

[Charnet](#), l'associazione professionale svizzera per il carbone vegetale, propugna una visione d'insieme di taglio scientifico ed equilibrata.

Conclusioni

Con l'utilizzo del carbone vegetale in agricoltura si potrebbero ridurre le eccedenze di sostanze nutritive in vari modi. Tuttavia, la comunità scientifica non è ancora concorde in merito ad alcuni valori target in termini di efficacia e molti aspetti vanno ulteriormente approfonditi nel quadro di lavori di ricerca. È difficile formulare affermazioni generali sulla redditività della misura, poiché dipende notevolmente dalle singole condizioni quadro. L'utilizzo del carbone vegetale può essere raccomandato soprattutto in condizioni favorevoli, sotto forma di progetti pilota.

Maggiori informazioni

Siti Internet

[Agroscope - Pflanzenkohle](#) (www.agroscope.ch > Temi > Ambiente e Risorse > Clima e aria > Fonti e pozzi di CO₂ in suolo agricolo > Carbone vegetale biochar)

[FiBL - Kohle fürs Klima](#) (www.fibl.org/de/infothek/meldung/kohle-fuers-klima)

[Ithaka-Institut for carbon strategies](#) (www.ithaka-institut.org/de)

[Charnet - Schweizer Fachverband für Pflanzenkohle](#) (charnet.ch)

Bibliografia sul carbone vegetale in generale

- Beuttler C., Keel S. G., Leifeld J. et al. (2019). The Role of Atmospheric Carbon Dioxide Removal in Swiss Climate Policy: Fundamentals and Recommended Actions. Ufficio federale dell'ambiente (UFAM), Berna; Fondation Risiko-Dialog, Berna.
- UFAM, 2023: Il carbone vegetale nell'agricoltura svizzera. Rischi e opportunità per il suolo e il clima. Scheda; Ufficio federale dell'ambiente (UFAM), Ufficio federale dell'agricoltura (UFAG), gruppo di lavoro di Cercle Sol: Valeur d'intervention et évaluation des risques (AGIR). Berna, Svizzera.
- Jeffery S., Abalos D., Prodana M., Catarina Bastos A., van Groenigen J. W., Hungate B. A., Verheijen F. (2017). Biochar boosts tropical but not temperate crop yields. *Environmental Research Letters* 12, 053001.
- Keel S. G., Bretscher D., Leifeld J., von Ow A., Wüst-Galley Ch. (2023). Soil carbon sequestration potential bounded by population growth, land availability, food production, and climate change. *Carbon Management*; vol. 14, N. 1.
- Schmidt H.-P., Kammann C., Hagemann N. et al. (2021). Biochar in agriculture – A systematic review of 26 global meta-analyses. *GCB Bioenergy* 13 (11), 1708–1730.
- Smith P. (2016). Soil carbon sequestration and biochar as negative emission technologies. *Global Change Biology* 22 (3), 1315–1324.

Bibliografia sull'utilizzo del carbone vegetale nell'alimentazione animale

- Hegarty R. S., Passetti R. A. C., Dittmer K. M. et al. (2021). An evaluation of emerging feed additives to reduce methane emissions from livestock. Edition 1. A report coordinated by Climate Change, Agriculture and Food Security (CCAFS), New Zealand Agricultural Greenhouse Gas Research Centre (NZAGRC), Global Research Alliance (GRA).
- Schmidt H.-P., Hagemann N., Draper K., Kammann C. (2019). The use of carbone vegetale in animal feeding. *PeerJ* 7, e7373. <https://doi.org/10.7717/peerj.7373>

Bibliografia sull'applicazione del carbone vegetale al suolo

- Borchard N., Schirrmann M., Cayuela M. L., Kammann C., Wrage-Mönnig N., Estavillo J. M., Fuertes-Mendizábal T., Sigua G., Spokas K., Ippolito J. A., Novak J. (2019). Biochar, soil and land-use interactions that reduce nitrate leaching and N₂O emissions: A meta-analysis. *Science of The Total Environment* 651, 2354–2364.
- Camps Arbestain M., Saggar S., Leifeld J. (2014). Environmental benefits and risks of biochar application to soil. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 191, 1–4.
- Cayuela, M. L., van Zwieten, L., Singh, et al. 2014: Biochar's role in mitigating soil nitrous oxide emissions: A review and meta-analysis. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 191, 5–16.
- Gao Y., Shao G., Lu J., Zhang K., Wu S., Wang Z. (2020). Effects of biochar application on crop water use efficiency depend on experimental conditions: A meta-analysis. *Field Crops Research* 249, 107763.
- Hagemann N., Joseph S., Schmidt H.-P. et al. (2017). Organic coating on biochar explains its nutrient retention and stimulation of soil fertility. *Nature Communications* 8 (1), 1089.
- Oduor Omondi M., Xia X., Nahayo A., Liu X., Khan Korai P., Pan G. (2016). Quantification of biochar effects on soil hydrological properties using meta-analysis of literature data. *Geoderma* 274, 28–34.

- Rodrigues L., Budai A., Elsgaard L., Hardy B., Keel S. G., Mondini C., Plaza C., Leifeld J. (2023). The importance of biochar quality and pyrolysis yield for soil carbon sequestration in practice. *European Journal of Soil Science* 74, e13396.
- Schmidt H.-P., Anca-Couce A., Hagemann N., Werner C., Gerten D., Lucht W., Kammann C. (2019). Pyrogenic carbon capture and storage. *GCB Bioenergy* 11, 573–591. <https://doi.org/10.1111/gcbb.12553>

Colophon

Editore	Agroscope Reckenholzstrasse 191 8046 Zürich www.agroscope.ch
Series editor	Frank Liebisch
Download	www.agroscope.ch/perditesostanzanutritive
Copyright	© Agroscope 2023

Esclusione di responsabilità

Agroscope declina qualsiasi responsabilità in merito all'attuazione delle informazioni riportate. Si applica la giurisprudenza svizzera attuale.