



GrAinS

Greening Agrifood
in Social Economy

Prontuario per l'utilizzo del Biochar in campo e negli allevamenti

Scopri Come

- Catturare in modo naturale e permanente il carbonio dall'atmosfera
- Abbattere le emissioni in compostaggio e gestione letami
- Rigenerare i suoli senza chimica
- Entrare e far parte del movimento italiano

www.localcarbonitalia.org

Ringraziamenti

Ringraziamo in primis la [Fondazione Minoprio](#) per l'incredibile lavoro a sostegno della realizzazione del progetto, lavoro che sicuramente ha oltrepassato l'impegno dovuto.

Altro sentito ringraziamento va all' [AGCI, Associazione Generale Cooperative Italiane](#), ed in particolare [AGCI Umbria](#) di cui Localcarbon Italia è orgogliosamente membro.

Ringraziamo infine il [Progetto GRAINS](#) che sostiene le PMI dell'economia sociale nel settore agroalimentare nell'adozione di modelli di business più ecologici, nella riduzione della loro impronta ambientale e nell'aumento della competitività attraverso l'innovazione.

Siamo fieri di far parte del programma di finanziamento del progetto Europeo GRAINS, che supporta le PMI in tutta Europa nel rendere più ecologiche le loro operazioni.

Il progetto GRAINS si allinea con gli sforzi globali per [promuovere la sostenibilità e ridurre l'impatto ambientale delle imprese agroalimentari](#). Aiuta le piccole imprese come la nostra a innovare e adattarsi per un futuro più verde.

Consulenti esterni

Il progetto è stato realizzato con l'apporto tecnico della Fondazione Minoprio, fiore all'occhiello della della Ricerca e la Didattica Italiana per Agricoltura ed il Giardinaggio. Sono stati realizzati i testi presso il laboratorio della Fondazione stessa.



Dichiarazione di non responsabilità

Finanziato dall'Unione Europea. Le opinioni espresse sono tuttavia quelle dell'autore/degli autori e non riflettono necessariamente quelle dell'Unione Europea o dell'Agenzia esecutiva europea per l'istruzione e la cultura (EACEA). Né l'Unione Europea né l'autorità concedente possono essere ritenute responsabili per esse.



Co-funded by
the European Union

Partner

Questo Progetto è Finanziato dalla European Innovation Council and SMEs Executive Agency, fino a Settembre 2025.



Indice

Introduzione.....	6
Il Biochar.....	7
Che cos'è il biochar?.....	8
Biochar e funzioni ecosistemiche associate.....	8
Funzioni di approvvigionamento.....	9
Funzioni di regolazione.....	9
Funzioni di supporto.....	9
Funzioni culturali.....	9
Focus: Il Biochar ed il suolo come habitat.....	10
Benefici associati all'uso di biochar in compostaggio.....	11
Benefici all'uso di biochar e compost nel suolo.....	12
Benefici da biochar in lettiera zootecnica e vasca.....	13
Benefici del biochar e reflui nel suolo.....	14
Schede per l'Utilizzo del Biochar.....	15
Stalle in paglia - Stratificata esternamente.....	16
Stalle in paglia - Cumulo anaerobico con fermentazione.....	16
Digestato e liquami - fase di stoccaggio dei reflui (digestato tal quale o frazione di separato liquido o liquame).....	17
Digestato – diretto utilizzo in campo con i reflui (digestato tal quale o frazione di separato liquido o liquame).....	18
Liquami in vasca - biochar con EM.....	19
Compostaggio Vegetale - Cumulo Girato.....	20
Compostaggio Vegetale - Cumulo Statico - Termocompost.....	21
Cumulo statico di potature - bioreattore Johnson-Su.....	23
Caricare il Biochar con Sostanze Nutritive.....	26
Metodi per Caricare il Biochar:.....	26
Applicazione in campo.....	27
Cenni Normativi.....	28
Concetti chiave sulla normativa.....	29
Normativa Europea.....	29
UNI EN ISO.....	29
Principali Standard per i Crediti di Carbonio da Biochar.....	30
Associazioni di Categoria nel settore del Biochar.....	30
Standard per i Bilanci di Sostenibilità.....	30
Conclusioni.....	31
Bibliografia.....	32

Introduzione

Questa pubblicazione è frutto di una ricerca approfondita di Localcarbion Italia, con il supporto tecnico della Fondazione Minoprio, sull'utilizzo del Biochar (carbone vegetale) per migliorare i processi di compostaggio e della gestione dei reflui zootecnici, nonché l'utilizzo successivo in campo.

Questa ricerca documentale ci permette di condividere con voi specifiche innovazioni di pratiche che possono essere eseguite in tanti modi diversi a seconda delle quantità di scarti/reflui disponibili, delle funzioni che deve svolgere, dei mezzi a disposizione e dei benefici che si vogliono ottenere in campo.

Durante le nostre ricerche abbiamo anche trovato alcuni protocolli che utilizzano gli EM Microrganismi Effettivi e quindi con la Fondazione Minoprio ci siamo lanciati anche in una piccola sperimentazione di cui vi parleremo più avanti.

Localcarbon Italia è una non profit che si occupa di BCR-CB *Biochar Carbon Removal with Community Benefits*. Ovvero **la produzione e l'utilizzo del biochar per apportare benefici Ecosistemici, Climatici e per le Comunità Locali**. Offre formazione e tutoraggio in Italia e in Africa per progetti che intendono adottare l'utilizzo del biochar e così **prendersi cura di Pianeta e Persone**.

Come **Cooperativa di Comunità Umbra** l'obiettivo locale di Localcarbon Italia è di aggregare i piccoli soggetti dei territori per rendergli collettivamente accessibili i protocolli, le competenze e la certificazione che altrimenti sarebbero difficili da raggiungere.

Su tutto il territorio Nazionale svolge divulgazione, tutoraggio e formazione sulla misurazione della **Carbon Footprint** ed il **Sustainability Reporting**, nonché la realizzazione dei **Crediti di Carbonio**. E' una materia complessa che in questo periodo cambia di anno in anno, ma nel Prontuario tentiamo di riassumere "come funziona" e quali sono le principali normative di riferimento. **Per ricevere gratuitamente un documento più approfondito potete scrivere a silvia@localcarbon.net**

Abbiamo scelto di non vendere direttamente il Biochar o i Microrganismi Effettivi ma siamo in rete con produttori locali quindi possiamo senz'altro condividere i contatti di venditori qualora ne avete bisogno. Anche per questo potete scriverci al medesimo indirizzo mail.

Cercando di offrire il più possibile una lettura scorrevole il testo parte con una descrizione delle funzioni e dei benefici che ci offre il biochar, passando alla raccolta di metodologie documentate, lasciando per la fine norme e bibliografia.

E' nostro augurio che la conoscenza del Biochar possa darvi lo stesso entusiasmo ed ottimismo che ha dato a noi perché è realmente uno strumento che ha il potenziale di guarire clima e suolo!!

1

Il Biochar

Questa sezione spiega che cos'è il biochar, come si utilizza e perché è importante

Che cos'è il biochar?

Quando la biomassa vegetale viene riscaldata in un ambiente con poco ossigeno, ovvero quando è sottoposta al processo di pirolisi si produce carbone il vegetale, detto anche biochar qualora rientra nei parametri di legge necessari per essere usato in agricoltura.

La pirolisi può essere realizzata in modo sia artigianale che altamente tecnologico. Nei sistemi tecnologici è possibile non solo raccogliere il prodotto solido ma anche sfruttare i gas di processo per generare energia rinnovabile.

Il Biochar è un materiale altamente poroso con una vasta superficie interna per centimetro cubo di prodotto. Può **migliorare la qualità del suolo, trattenere meglio l'acqua e i nutrienti, e promuovere la crescita delle piante**. Il biochar può anche essere utilizzato per applicazioni non agricole, come la purificazione dell'acqua, la decontaminazione del suolo e l'architettura green.



Biochar e funzioni ecosistemiche associate

Il biochar viene utilizzato principalmente per migliorare le caratteristiche fisico-chimiche del suolo, ma al contempo offre una serie di benefici ecosistemici. A seguire, una lista delle funzioni ecosistemiche associate all'uso del biochar in ambito agricolo/forestale:

Funzioni di approvvigionamento

- **Miglioramento della qualità del suolo per la produzione agricola:** Il biochar può migliorare la fertilità del suolo, aumentando la capacità di ritenzione idrica e il contenuto di nutrienti, favorendo così la produzione agricola.

Funzioni di regolazione

- **Cattura e stoccaggio del carbonio:** il biochar funge da "sequestratore" di carbonio stabile nel suolo, contribuendo alla mitigazione del cambiamento climatico sequestrando CO₂ per periodi molto lunghi (secoli).
- **Regolazione del ciclo dei nutrienti:** Il biochar può migliorare la disponibilità di nutrienti nel suolo e ridurre la perdita di nutrienti per l'erosione o il dilavamento, regolando così i cicli di azoto, fosforo e potassio.
- **Regolazione della qualità dell'acqua:** Il biochar può migliorare la qualità dell'acqua riducendo il dilavamento dei nutrienti e dei contaminanti dai suoli agricoli verso gli acquiferi o i corpi idrici superficiali.
- **Miglioramento della capacità di ritenzione idrica del suolo:** Il biochar aumenta la capacità di trattenere l'umidità, migliorando la resistenza delle colture alla siccità.

Funzioni di supporto

- **Formazione del suolo e miglioramento della struttura del suolo:** il biochar può migliorare la struttura del suolo, aumentando la porosità e facilitando l'attività microbica, che supporta i processi di formazione del suolo e la sua capacità di autosostenersi.
- **Controllo dell'erosione:** aumentando la coesione e la struttura del suolo, il biochar può contribuire a ridurre l'erosione e migliorare la stabilità del suolo, specialmente in aree soggette a forti piogge o venti.
- **Biodiversità del suolo:** il biochar può favorire la biodiversità microbica nel suolo, creando un ambiente favorevole per batteri e funghi utili alla salute del suolo e delle piante.
- **Produzione primaria:** l'uso del biochar può favorire la crescita delle piante, aumentando la produzione di biomassa primaria e migliorando la salute delle colture

Funzioni culturali

- **Valori estetici e paesaggistici:** L'uso di biochar in agricoltura può migliorare la qualità del paesaggio, contribuendo a un ambiente più sano e rigoglioso.
- **Educazione e ricerca:** L'uso del biochar nelle pratiche agricole e forestali può offrire opportunità educative e di ricerca in materia di gestione sostenibile del suolo e mitigazione dei cambiamenti climatici.

FOCUS: Il Biochar ed il suolo come habitat

Il biochar può influire positivamente sulla funzione habitat degli ecosistemi, in particolare in relazione alla biodiversità del suolo e degli ambienti circostanti. Grazie alla sua struttura porosa, il biochar offre spazi adatti alla proliferazione di microrganismi del suolo, come batteri e funghi. Questi organismi sono cruciali per la salute del suolo e per la formazione di materia organica. Aumentando la biodiversità microbica, il biochar contribuisce a creare un ambiente più stabile e sano, che supporta la crescita di una varietà di specie vegetali e animali. La sua struttura può servire da rifugio per invertebrati e altri organismi che vivono nel suolo, come lombrichi e insetti. Questi organismi, a loro volta, contribuiscono alla decomposizione della materia organica e al ciclo dei nutrienti.

Il biochar è quindi particolarmente indicato per progetti di restauro ecologico, dove il miglioramento della qualità del suolo e la stabilizzazione dei nutrienti possono contribuire al ripristino di habitat degradati. Su terreni degradati o inquinati, il biochar supporta la ricostruzione di habitat, creando condizioni edafiche favorevoli all'insediamento della vegetazione. Invero, il biochar, aumentando la porosità e la capacità di ritenzione idrica, migliora la struttura del suolo favorendo una crescita vegetale più rigogliosa.

Un suolo più fertile e meno soggetto a stress idrico è ottimale per la crescita delle piante, creando habitat più favorevoli per altre specie che dipendono dalla vegetazione (come insetti, uccelli e piccoli mammiferi). L'uso di biochar agisce inoltre sulla perdita di suolo per erosione, contribuendo a mantenere i suoli più stabili, caratteristica cruciale per la conservazione degli habitat naturali.

È possibile quindi affermare che il biochar può indirettamente contribuire alla funzione 'habitat' andando a migliorare la qualità del suolo e degli ambienti naturali, supportando la biodiversità, la stabilità del suolo e la disponibilità d'acqua e nutrienti.

Benefici associati all'uso di biochar in compostaggio

L'uso del biochar nel processo di compostaggio apporta diversi benefici che migliorano l'efficienza del compostaggio stesso e la qualità del compost prodotto. Di seguito, i principali vantaggi:

- **Accelerazione del processo di compostaggio:** Il biochar, grazie alla sua superficie altamente porosa, offre un substrato ideale per il proliferare di microrganismi benefici durante il compostaggio. Questi microrganismi decompongono più rapidamente la materia organica, accelerando il processo di compostaggio.
- **Miglioramento della gestione dell'umidità:** Il biochar ha una notevole capacità di assorbire l'umidità, contribuendo a mantenere il giusto livello di umidità nella pila di compost. Questo è particolarmente utile nelle fasi di compostaggio, poiché l'umidità è un fattore critico per la decomposizione e la corretta gestione del compost.
- **Controllo degli odori:** Il biochar agisce come un assorbitore di odori grazie alla sua struttura porosa, che cattura composti volatili come l'ammoniaca e gli altri gas sgradevoli che possono liberarsi durante il processo di compostaggio. Ciò contribuisce a ridurre i cattivi odori nel processo.
- **Aumento della biodiversità microbica:** Il biochar fornisce una "superficie" sulla quale si insediano microrganismi utili. Questi microrganismi sono fondamentali per il processo di decomposizione, migliorando la qualità del compost finale e la salute del suolo quando il compost viene utilizzato.
- **Stabilizzazione del carbonio:** Il biochar, essendo un materiale stabile, contribuisce a stabilizzare il carbonio nel compost. Questo significa che una parte del carbonio presente nel compost rimarrà sequestrata nel suolo per periodi molto più lunghi, riducendo la perdita di carbonio sotto forma di CO₂ durante la decomposizione.
- **Miglioramento della qualità del compost:** L'aggiunta di biochar al compost migliora le proprietà del prodotto finale. Il compost con biochar tende ad avere una maggiore capacità di ritenzione dei nutrienti, una migliore struttura e una maggiore capacità di migliorare la fertilità del suolo. Questo lo rende particolarmente utile per applicazioni agricole e giardinaggio.
- **Riduzione della produzione di metano:** Durante il processo di compostaggio, la decomposizione anaerobica (senza ossigeno) può portare alla produzione di metano, un potente gas serra. L'aggiunta di biochar, migliorando l'aerazione e la struttura del compost, favorisce la decomposizione aerobica (con ossigeno), riducendo la produzione di metano.
- **Stabilizzazione della materia organica:** Il biochar aiuta a stabilizzare la materia organica nel compost, riducendo la quantità di sostanze organiche che possono facilmente decomporsi e sfuggire come gas, migliorando così la qualità complessiva del compost.

In sintesi, l'aggiunta di biochar nel processo di compostaggio non solo accelera il processo e migliora la gestione degli scarti, ma contribuisce anche a migliorare la qualità del compost finale, aumentando la sua capacità di migliorare la fertilità del suolo e riducendo gli impatti ambientali negativi.

Benefici all'uso di biochar e compost nel suolo

L'unione di compost e biochar apporta numerosi benefici sinergici al suolo, combinando le proprietà di entrambi i materiali per migliorare ulteriormente la salubrità del terreno. Di seguito, i principali vantaggi in termini di funzioni ecosistemiche garantite:

- **Miglioramento della struttura del suolo:** Il compost arricchisce il suolo con materia organica, migliorando la sua struttura, mentre il biochar, grazie alla sua porosità, aumenta l'aerazione e la capacità di drenaggio nei terreni argillosi, e la ritenzione idrica nei terreni sabbiosi. Insieme, rendono il suolo più fertile e ben strutturato.
- **Aumento della capacità di ritenzione idrica:** Il biochar è noto per la sua capacità di trattenere acqua e nutrienti, mentre il compost migliora la capacità del suolo di trattenere umidità grazie alla materia organica. L'unione dei due materiali permette al suolo di mantenere un equilibrio ottimale di umidità, riducendo la necessità di irrigazione e aumentando la resistenza alla siccità.
- **Sequestro del carbonio:** Sia il compost che il biochar sono efficaci nel sequestro del carbonio nel suolo. Il biochar cattura il carbonio in forma stabile per secoli, mentre il compost, pur rilasciando carbonio più rapidamente, contribuisce anch'esso a ridurre la concentrazione di CO₂ nell'atmosfera. La combinazione di entrambi i materiali aumenta la capacità del suolo di fungere da serbatoio di carbonio.
- **Aumento della fertilità del suolo:** Il compost fornisce al suolo una vasta gamma di nutrienti essenziali, mentre il biochar agisce come un "magazzino" per questi nutrienti, prevenendo la perdita di quelli solubili e migliorando la loro disponibilità nel tempo. Questo rende il suolo più fertile e in grado di sostenere una crescita sana delle piante.
- **Miglioramento della biodiversità del suolo:** Il compost promuove la proliferazione di microrganismi benefici che favoriscono la decomposizione della materia organica e la nutrizione delle piante. Il biochar, grazie alla sua superficie porosa, fornisce un ambiente ideale per l'insediamento e la crescita di questi microrganismi, aumentando ulteriormente la biodiversità e la salute del suolo.
- **Controllo degli odori e dei patogeni:** Il biochar ha proprietà antibatteriche e antimicrobiche naturali, che possono contribuire a ridurre la proliferazione di

patogeni nel suolo. Inoltre, l'uso di compost migliora la qualità del suolo, riducendo la diffusione di malattie delle piante. Insieme, compost e biochar possono aiutare a mantenere il terreno sano e privo di patogeni nocivi.

- **Miglioramento del pH del suolo:** Il biochar ha un effetto tampone che può aiutare a stabilizzare il pH del suolo, riducendo l'acidità e rendendo il terreno più adatto per una vasta gamma di piante. In combinazione con il compost, che può anche correggere il pH del suolo, si ottiene un terreno con un equilibrio ottimale per la crescita delle piante.
- **Promozione di un ciclo nutritivo sostenibile:** L'uso combinato di compost e biochar può ridurre la necessità di fertilizzanti chimici, favorendo un ciclo nutritivo naturale più sostenibile, che aumenta la salute e la produttività del suolo nel lungo periodo.

In sintesi, l'unione di compost e biochar crea una sinergia che migliora significativamente la qualità del suolo, aumentando la fertilità, la ritenzione idrica, la biodiversità e la resistenza ai patogeni, mentre contribuisce al sequestro del carbonio e alla sostenibilità agricola.

Benefici da biochar in lettiera zootecnica e vasca

Il biochar, quando utilizzato in lettiera per animali, apporta numerosi benefici sia per l'ambiente che per la gestione della lettiera stessa. Di seguito, vengono elencati i principali vantaggi:

- **Assorbimento dell'umidità:** il biochar ha una struttura porosa che permette di assorbire e trattenere l'umidità, migliorando l'assorbimento dei liquidi nella lettiera e mantenendo un ambiente più asciutto per gli animali.
- **Controllo degli odori:** grazie alla sua capacità di adsorbire composti organici volatili, il biochar riduce gli odori sgradevoli causati dall'ammoniaca e da altri composti presenti nell'urina degli animali.
- **Miglioramento della qualità del suolo:** quando la lettiera viene compostata insieme al biochar, quest'ultimo si arricchisce di nutrienti (azoto, fosforo e potassio, utili alla crescita della vegetazione) e quando utilizzato come ammendante del suolo porta con sé un più alto contenuto di nutrienti disponibili.
- **Controllo dei patogeni:** il biochar ha proprietà antibatteriche naturali che possono aiutare a ridurre la proliferazione di batteri patogeni nella lettiera, mantenendo l'ambiente più sano per gli animali e per chi si occupa della loro cura.

- **Sostenibilità ambientale:** il biochar è un materiale carbonioso derivato dalla pirolisi di biomassa, e il suo uso in lettiera può contribuire a ridurre la quantità di rifiuti organici e favorire la cattura del carbonio, diminuendo così l'impatto ambientale rispetto ad altre lettiere tradizionali. Quando utilizzata in vasca permette l'abbattimento dei gas serra.
- **Durata maggiore:** rispetto ad altri materiali per lettiera, il biochar tende a durare più a lungo senza dover essere sostituito frequentemente, riducendo la quantità di lettiera necessaria e abbattendo i costi di gestione

In sintesi, l'uso del biochar in lettiera non solo migliora l'ambiente di stalla, ma offre anche vantaggi ecologici, contribuendo al potenziamento del biochar che si applica nel suolo.

Benefici del biochar e reflui nel suolo

Il residuo di lettiera con biochar, dopo l'uso in lettiera zootecnica, apporta numerosi benefici al suolo, specialmente se utilizzato per il compostaggio o direttamente incorporato nel terreno. Lo stesso vale per il biochar utilizzato in vasca, valgono pertanto gli stessi benefici della sezione su compost con biochar quando immesso nel suolo.

Nello specifico, il residuo di lettiera con biochar apporta al suolo una serie di benefici che vanno dalla migliorata struttura e ritenzione idrica alla maggiore fertilità, dalla riduzione dei patogeni al sequestro del carbonio. L'integrazione di questi materiali nel suolo favorisce un ambiente più sano per le piante, migliorando la produttività agricola e la sostenibilità ecologica.



Schede per l'Utilizzo del Biochar

In questa sezione vediamo le schede - una per metodologia; con metodo, benefici, zona di origine, eventuali cenni normativi e link di approfondimento

Stalle in paglia - Stratificata esternamente

Benefici	In questo utilizzo si abbattano le emissioni di metano e di protossido di azoto durante il processo di maturazione del letame. Inoltre si "carica" il biochar di azoto e microrganismi in modo che potrà essere rilasciato lentamente nel terreno una volta interrato.
Origini del metodo	Tradizionali
Metodo	Vuotare lo stallatico cercando di fare cumuli piatti e larghi piuttosto che a cupola Cospargere sopra ogni strato 10% di biochar basato sul volume totale dello stallatico. Si possono aggiungere strati sovrapposti fino a raggiungere l'altezza massima raggiungibile con il trattore
Note normative	In ogni caso in cui il biochar è utilizzato successivamente in campo, deve rispondere alle proprietà richieste dalla normativa nazionale (D.Lgs. 75/2010 allegato 2 - ammendanti).
Applicazione in campo	Applicare in campo utilizzando gli stessi dosaggi e metodi che si utilizzano con il letame privo di biochar
Link di approfondimento	

Stalle in paglia - Cumulo anaerobico con fermentazione

Benefici	In questo utilizzo si abbattano le emissioni di metano, di protossido di azoto durante e di ammoniaca in stalla, rendendo l'aria più salubre per gli animali. L'applicazione in campo post periodo di maturazione, fertilizza il suolo.
Origini del metodo	Nuova pratica delle Hawaii e Nord America
Metodo	<ul style="list-style-type: none"> • Utilizza 150 litri di biochar di granulometria fine

	<ul style="list-style-type: none"> • Prepara 40 litri bokashi (crusca di frumento inoculata con EM-1) in un fusto. • Prepara mezzo litro di melassa diluita in 100 litri d'acqua. • Versa parte dell'acqua e la melassa nel biochar per depolverarlo, poi versa tutti gli ingredienti su un telo e mescola bene. • Riempi quindi dei fusti da 200 litri e lascia fermentare per 4-6 settimane • Dai uno strato spesso 30cm - 50cm di paglia alla stalla • Una volta alla settimana cospargi 20 litri di prodotto ogni 30 metri di superficie di stalla • La stalla va svuotata solo 4 volte l'anno • Una volta tolta dalla stalla lasciare maturare per 6-12 mesi sotto un telo da compostaggio.
Note normative	In ogni caso in cui il biochar è utilizzato successivamente in campo, deve rispondere alle proprietà richieste dalla normativa nazionale (D.Lgs. 75/2010 allegato 2 - ammendanti).
Applicazione in campo	Applicare in campo utilizzando gli stessi dosaggi e metodi che si utilizzano con il compost.
Link di approfondimento	Linee guida in inglese

Digestato e liquami - fase di stoccaggio dei reflui (digestato tal quale o frazione di separato liquido o liquame)

Benefici	L'applicazione in fase di stoccaggio di un cappello di biochar sopra il digestato tal quale o la frazione di separato liquido o il liquame (conservati in vasche) permette la riduzione delle emissioni di metano e protossido di azoto. La successiva applicazione in campo del biochar utilizzato come cappello permetterà di apportare i benefici di cui trattato ai capitoli precedenti. Il cappello di biochar potrebbe anche essere successivamente miscelato con il digestato
----------	--

	tal quale o la frazione di separato liquido al momento della distribuzione in campo. L'impiego di biochar con la frazione di separato liquido del digestato o con il liquame permette anche di rendere tali prodotti palabili.
Origini del metodo	Sperimentale (progetti PSR – Regione Lombardia – Fondazione Minoprio (N_Control; Ammochar)
Metodo	Metodo Applicare sopra la vasca di stoccaggio uno spessore di <u>biochar pari a minimo 5 cm in modo che lo stesso sia a contatto con il digestato o la sua frazione di separato liquido o il liquame</u> ; tale applicazione potrebbe essere fatta direttamente (il biochar tende a galleggiare), ma meglio utilizzare un supporto di galleggiamento (involucro di rete fissata alla vasca di contenimento)
Note normative	Il biochar impiegato dovrà rispettare la normativa nazionale in termini di ammendanti (D.Lgs. 75/2010 – All. 2 – Biochar)
Applicazione in campo	Distribuire in campo il biochar impiegato come cappello alla dose di 0,1 kg/m ² (operazione ripetibile per almeno 20 anni); nel caso di impiego del biochar miscelato al digestato tal quale o alla sola frazione di separato liquido o al liquame, far riferimento alle dosi di distribuzione di questi prodotti.
Link di approfondimento	https://www.fondazioneminoprio.it/progettielenco/n-control/ https://www.fondazioneminoprio.it/ammochar/

Digestato – diretto utilizzo in campo con i reflui (digestato tal quale o frazione di separato liquido o liquame)

Benefici	L'impiego in campo di biochar unitamente al digestato tal quale o alla frazione di separato liquido o al liquame permette di ridurre le emissioni in campo di protossido d'azoto, di ridurre la perdita di elementi nutritivi per lisciviazione, stabilizzare in parte il carbonio organico presente nei suddetti prodotti. Inoltre l'apporto di biochar può migliorare altre proprietà del terreno, fra le quali ritenzione idrica, porosità, acidità, capacità di scambio cationico.
Origini del metodo	Sperimentale (progetti PSR – Regione Lombardia – Fondazione

	Minoprio (Infochar; N_Control; Ammochar)
Metodo	Il metodo consiste nell'applicare ad un appezzamento, distintamente o simultaneamente, il biochar con i reflui ed effettuare le opportune lavorazioni del suolo per un'adeguata miscelazione dei prodotti nei primi strati superficiali (0-30 cm).
Note normative	Il biochar impiegato dovrà rispettare la normativa nazionale in termini di ammendanti (D.Lgs. 75/2010 – All. 2 – Biochar)
Applicazione in campo	<p>1) Apportare in campo in un'unica soluzione 10-20 ton/ha di biochar, distribuire (spargimento o, meglio, per iniezione) i reflui, effettuare quanto prima una lavorazione del suolo per interrare e miscelare il biochar nel suolo. La distribuzione dei reflui può essere ripetuta annualmente sul terreno già ammendato con il biochar</p> <p>2) Stessa modalità precedente, ma con distribuzione annuale, unitamente ai reflui, di dosi ridotte di biochar (1 ton/ha); tale modalità permette di ripetere per più anni l'operazione di distribuzione del biochar unitamente ai reflui</p> <p>3) La distribuzione del biochar con i reflui può essere effettuata anche in simultanea, ovvero, miscelando prima della distribuzione il biochar con il refluo e apportare il tutto a suolo (in questo caso la quantità di biochar dovrà essere tale da apportare massimo 1 t/ha di biochar ogni anno.</p>
Link di approfondimento	https://www.fondazioneminoprio.it/progettielenco/n-control/ https://www.fondazioneminoprio.it/ammochar/

Liquami in vasca - biochar con EM

Benefici	Trattando direttamente le vasche di liquami sotto i grigliati si rende l'aria più salubre per gli animali e si evita la formazione di crostoni. Lo stesso avviene trattando le vasche di raccolta. L'applicazione in campo post periodo di maturazione, fertilizza il suolo, grazie alla minor dispersione di nutrienti dovuta all'effetto spugna del Biochar ed alla fermentazione anaerobica indotta dagli EM.
Origini del metodo	Giappone /Europa

Metodo	<ul style="list-style-type: none"> • Cospargere il Biochar direttamente nelle vasche in quantità pari al 1,5% del volume di liquame; • Inoculare l'EMa (attivato EM) in dosi dell'1lt per ogni metro cubo di liquame da trattare. • Ripetere l'applicazione ogni 14gg
Note normative	In ogni caso in cui il biochar è utilizzato successivamente in campo, deve rispondere alle proprietà richieste dalla normativa nazionale (D.Lgs. 75/2010 allegato 2 - ammendanti).
Applicazione in campo	Stesse quantità di liquame utilizzate normalmente
Link di approfondimento	https://www.emita.it/em-per-gli-animali/

Compostaggio Vegetale - Cumulo Girato

Benefici	Gestione circolare degli scarti agricoli che permette la riduzione dell'utilizzo dei fertilizzanti. Ammesso in agricoltura biologica.
Origini del metodo	Tradizionale
Metodo	<p>Crea il cumulo: Inizia formando un cumulo di compost usando gli scarti vegetali della tua azienda agricola (trinciato di erba e legno). Puoi seguire il metodo che già utilizzi abitualmente.</p> <p>Aggiungi il biochar: Mentre costruisci il cumulo, spargi gradualmente il biochar. La quantità ideale è circa il 10% del volume totale del cumulo.</p> <p>Se non hai mai fatto compost:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Stendi gli scarti agricoli in un lungo filare. 2. Passaci sopra con un trincia per sminuzzarli. 3. Per un compost di qualità, mescola scarti "carboniosi" (paglia, foglie secche, legno) e scarti "azotati" (fieno fresco, erba tagliata, patate verdi, scarti di verdura, letame solido o liquido) in quantità simili. 4. Distribuisci il biochar sul materiale trinciato. La quantità stimata dovrebbe essere il 10% del volume del cumulo. Puoi fare una

	<p>stima approssimativa osservando la larghezza, la lunghezza e l'altezza del filare trinciato.</p> <ol style="list-style-type: none"> 5. Innaffia: Inumidisci leggermente il materiale. 6. Forma il cumulo: Con un trattore, crea un cumulo largo circa due metri e lungo quanto necessario. L'altezza dipenderà dalla portata della pala del trattore, ma cerca di raggiungere almeno un metro. 7. Copri il cumulo: Copri il cumulo con un telo da compostaggio oppure con un telo bianco e nero forato. 8. Arieggia il cumulo: Gira regolarmente il cumulo per favorire l'aerazione. Posizionati ad angolo retto rispetto al cumulo, solleva il materiale con la pala del trattore il più in alto possibile e lascialo ricadere a terra. Ripeti questa operazione lungo tutta la lunghezza del cumulo. <p>Frequenza di rivoltamento: Per i primi 10-15 giorni, sarebbe preferibile (ma non indispensabile) girare il cumulo ogni 3 giorni. Successivamente, puoi ridurre la frequenza e girarlo ogni 10-15 giorni.</p>
Note normative	Questo tipo di compost è adatto per uso proprio ma non adatto alla vendita poiché la normativa attualmente non prevede la miscelazione del compost ad altri materiali
Applicazione in campo	Stesse quantità di compost date normalmente
Link di approfondimento	

Compostaggio Vegetale - Cumulo Statico -Termocompost

Benefici	Produzione di energia termica combinata alla produzione di un fertilizzante organico pregiato
Origini del metodo	Stati Uniti
Metodo	a. 75% trinciato fresco di potature (con legno e foglie)

- b. 10% paglia
- c. 5% letame di cavallo
- d. 10% biochar

Queste percentuali possono variare leggermente, con una tolleranza del 20%.

Costruisci la struttura: Crea uno spazio delimitato usando una rete, che può essere di forma circolare o quadrata.

Dimensione minima: Il cumulo deve avere un volume minimo di 30 metri cubi.

Stratificazione: Inizia a costruire il cumulo creando strati di circa 50 cm di altezza con i materiali precedentemente miscelati e leggermente inumiditi.

Reti e tubi: Alla fine di ogni strato, posiziona una rete elettrosaldata. Se desideri recuperare il calore prodotto dal cumulo, aggiungi anche una serpentina di tubi per irrigazione. Questi tubi verranno collegati successivamente per far circolare l'acqua.

Aerazione: Aggiungi dei tronchi tra gli strati per creare spazi che permettano all'aria di circolare. Continua a costruire gli strati alternando rete, materiali, altra rete e altri rami.

Isolamento: Avvolgi l'esterno del cumulo con balle di paglia per isolarlo termicamente.

Supporto: Per mantenere la struttura stabile, posiziona dei pali orizzontali all'esterno del cumulo, appoggiandoli contro le balle di paglia. Fissali con delle cinghie.

Copertura: Copri la cima del cumulo con un telo da compostaggio o un telo in PVC bucherellato per permettere un minimo passaggio dell'acqua.

Informazioni aggiuntive:

- Il cumulo produrrà calore per circa 6-12 mesi, a seconda delle dimensioni. Sarà pronto per l'uso quando la temperatura interna sarà tornata a temperatura ambiente.

	<ul style="list-style-type: none"> • Questa tecnica è ideale quando non è possibile girare regolarmente il cumulo. • Essendo i cumuli alti almeno 3 metri, è utile costruirli in zone con dislivelli per facilitare il caricamento. Su terreni piani, sarà necessario utilizzare mezzi per sollevare i materiali. • Il cumulo può essere costruito appoggiandosi a strutture esistenti o in modo indipendente. La forma può essere quadrata o tonda. <p>Essendo cumuli alti almeno 3 metri, è utile realizzarli dove ci sono dislivelli naturali che permettono un caricamento da sopra. Su un terreno piano ci si deve invece avvalere di mezzi per sollevare i materiali. Il cumulo statico può essere realizzato appoggiandosi a strutture esistenti, come ad esempio un rudere o una parete esterna di una stalla, oppure può essere creato in modo a sé stante. I cumuli possono essere di forma quadrata o tonda, dipende da quel che si preferisce. La forma tonda si da più spesso quando si usa un anello di rete.</p>
Note normative	Questo tipo di compost è adatto per uso proprio ma non adatto alla vendita poiché la normativa attualmente non prevede la miscelazione del compost ad altri materiali
Applicazione in campo	Stesse quantità di compost date normalmente
Link di approfondimento	Pubblicazione della Science Direct Tularù - azienda agricola e centro di formazione

Cumulo statico di patate - bioreattore Johnson-Su

Benefici	Ripopolazione funginea del suolo per rimediare il compattamento
Origini del metodo	Sviluppato dal biologo molecolare Dr David Johnson della New Mexico State University, insieme a sua moglie Hui-Chun Su, anch'essa scienziata
Metodo	<ol style="list-style-type: none"> 1. Preparazione del luogo: <ul style="list-style-type: none"> • Trova uno spazio riparato, possibilmente sotto una tettoia o all'interno di una serra. 2. Modifica dei pallet: <ul style="list-style-type: none"> • Prendi uno o più pallet di legno.

- Pratica dei fori di circa 10 cm di diametro nei pallet. Questi fori serviranno per inserire dei tubi.
- 3. Disposizione dei fori:
 - Assicurati che ci siano circa 25-30 cm di spazio tra un foro e l'altro.
- 4. Rivestimento con tessuto:
 - Copri i pallet con del tessuto da giardinaggio.
 - Fai dei fori nel tessuto che corrispondano ai fori già presenti nei pallet.
- 5. Costruzione della gabbia:
 - Crea una struttura a gabbia, circolare o quadrata, attorno ai pallet. Puoi usare della rete metallica.
- 6. Inserimento dei tubi:
 - Inserisci i tubi nei fori dei pallet.
 - Fissa i tubi in posizione usando canne o legature.
 - Evita che i tubi tocchino a terra, non devono bloccare il passaggio dell'aria sotto.
- 7. Preparazione del materiale organico:
 - Il materiale organico deve essere prevalentemente legnoso e deve essere tritato.
- 8. Immersione in acqua:
 - Immergi il materiale tritato un po' alla volta in una vasca d'acqua. Puoi aggiungere microrganismi effettivi (EM) o microrganismi provenienti dal Korean Natural Farming (KNF).
 - Lascialo scolare per qualche minuto su una rete e poi versalo nella gabbia, tra i tubi.
- 9. Riempimento della gabbia:
 - Non pressare il materiale mentre lo versi nella gabbia.
- 10. Aggiunta del biochar:
 - Aggiungi una piccola quantità di biochar ad ogni strato di materiale (circa il 10% del volume).
- 11. Sistema di irrigazione:
 - Installa un sistema di irrigazione a goccia e alcuni nebulizzatori sulla parte superiore della struttura.
- 12. Copertura:
 - Copri l'intera struttura con del tessuto da giardinaggio.
- 13. Rimozione dei tubi:
 - Dopo 24 ore, rimuovi i tubi. Lasceranno dei fori verticali nel compost che permetteranno all'aria di circolare.
- 14. Regolazione dell'irrigazione:
 - Regola il tempo di irrigazione in modo da inumidire tutto il cumulo, ma senza che ci sia troppa acqua che raggiunge il terreno sottostante.
- 15. Monitoraggio della temperatura:

	<ul style="list-style-type: none"> • Controlla attentamente la temperatura del cumulo. Quando la temperatura scende sotto i 40 gradi, puoi introdurre dei lombrichi nel compost. <p>16. Maturazione:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Lascia maturare il compost per 12-18 mesi.
Note normative	Questo tipo di compost è adatto per uso proprio ma non adatto alla vendita poiché la normativa attualmente non prevede la miscelazione del compost ad altri materiali
Applicazione in campo	<p>Il compost prodotto con il metodo Johnson-Su deve essere trattato in modo specifico prima dell'applicazione in campo. Ecco i passaggi:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Estrazione del Liquido Ricco di Microrganismi: Il compost maturo viene "lavato" con acqua per estrarre un liquido ricco di microrganismi benefici. Questo liquido sarà poi utilizzato per l'irrorazione. 2. Irrorazione: Il liquido estratto viene spruzzato sul campo utilizzando un nebulizzatore. 3. Tempistica dell'Applicazione: Questo liquido rigenerante deve essere applicato al campo di sera e su aree dove sono già presenti coltivazioni o sovesci. Questo perché i microrganismi presenti nel liquido hanno bisogno degli zuccheri rilasciati dalle piante per sopravvivere. L'estratto liquido va preparato e dato fresco. 4. Utilizzo della Frazione Solida: La parte solida del compost rimasta dopo il lavaggio può essere distribuita sul campo successivamente utilizzando uno spandiletame. 5. Metodo di Lavaggio Semplificato: Un metodo semplice per il lavaggio consiste nel sollevare un big bag di compost con la pala del trattore e posizionarlo sopra un fusto da 1000 litri a cui è stato rimosso il coperchio. Il compost viene poi innaffiato e l'acqua che drena dal fondo, ricca di microrganismi, viene raccolta. Alternativamente può essere adagiato nel serbatoio che viene riempito d'acqua e poi tirato fuori. 6. Qualità dell'Acqua: È fondamentale utilizzare acqua piovana o acqua di ruscello per il lavaggio, in quanto il cloro presente nell'acqua di rubinetto ucciderebbe i microrganismi. <p>In alternativa, ecco on video (in inglese) per l'autocostruzione sistema di lavaggio</p>
Link di approfondimento	<p>Publicazione della US Department of Agriculture Pagina del loro sito web Conferenza del Dott Johnson Una puntata di podcast</p>

Caricare il Biochar con Sostanze Nutritive

Il biochar non è un fertilizzante tradizionale che fornisce nutrienti immediati alle piante. Invece, agisce come un "ammendante" migliorando le proprietà fisiche, chimiche e biologiche del suolo.

Per massimizzare i suoi benefici, è importante "caricare" il biochar con sostanze nutritive prima di utilizzarlo. Ecco diversi modi per caricare il biochar, scegli quello più adatto alle tue esigenze:

Metodi per Caricare il Biochar:

Ammollo Rapido:

- Immergi il biochar in un contenitore pieno di liquido nutritivo per 5-10 minuti.
- Rimuovi il biochar utilizzando un crivello (setaccio) o un sacco di iuta.
- Per grandi quantità, puoi immergere un intero big bag in una vasca usando un trattore, riempire d'acqua e poi tirarlo fuori

Drenaggio da Fusto:

- Riempi un fusto con il liquido nutritivo.
- Immergi il biochar nel fusto.
- Drena il liquido dal rubinetto del fusto.

Irrorazione a Strati:

- Stendi uno strato sottile di biochar sul fondo di una vasca o di un contenitore.
- Irrora il biochar con il liquido nutritivo utilizzando un erogatore.
- Copri con un altro strato sottile di biochar e ripeti.
- Puoi fare questo direttamente nel carrello spandiletame per averlo già pronto per l'applicazione in campo.

Stesura e Irrorazione su Telo:

- Stendi un telo di PVC a terra e fissalo.
- Distribuisci il biochar sul telo.
- Irrora il biochar con il liquido nutritivo.
- Muovi il biochar con un rastrello di plastica per assicurare un'irrorazione uniforme.
- È preferibile eseguire questa operazione nelle ore serali.

Applicazione Diretta in Campo con Irrorazione:

- Per grandi appezzamenti, spargi uno strato sottile di biochar sul campo con uno spandiletame.

- Contemporaneamente, irrorare il biochar con una botte irroratrice o da diserbo.

Criteri Importanti per Tutti i Metodi:

- Ammollo Rapido: L'ammollo deve essere breve (5-10 minuti) seguito da una fase di drenaggio per evitare l'anaerobiosi.
- Evitare il Sole Diretto: Cerca di non eseguire il processo sotto il sole diretto.

Liquidi Nutritivi Naturali Consigliati:

1. Compost Tea
2. Worm Juice (Humus di lombrico liquido)
3. Macerati di Piante
4. Biofertilizzanti liquidi ottenuti tramite fermentazione
5. Liquido del Bokashi
6. Urina di vacca fresca, diluita in acqua 1/10
7. Microrganismi Effettivi (EM) in aggiunta ad uno dei nutrienti sopra elencati

Quantità di Liquido:

- Aggiungi una parte di liquido per due parti di biochar.
- Oppure aggiungi tanto liquido quanto il biochar riesce ad assorbire.

Applicazione in campo

Il biochar caricato va somministrato alla misura di 0,15-0,2 Kg per metro quadro o 1,5-2 tonnellate ad ettaro.

Questo quantitativo può essere ripetuto ogni anno per un massimo di 10 anni.

Le caratteristiche del biochar cambiano con l'umidità, quindi per un biochar più bagnato può essere utile utilizzare uno spandiletame mentre per un biochar più asciutto può essere utile uno spandiconcime.



Cenni Normativi

In questa sezione copriamo le principali norme e Standard, Nazionali ed Europee che riguardano l'utilizzo del Biochar, i Crediti di Carbonio e la Sostenibilità in genere

Concetti chiave sulla normativa

La normativa si articola su due fronti, quella Europea e quella Italiana. Quella Europea si esprime in *Directives* e *Regulations*, mentre quella Italiano di solito si esprime sotto forma di Decreto Legge. Le norme Europee ed Italiane nel nostro caso psecifica vanno consultate in materia di [Sostenibilità Ambientale](#), di [Compostaggio](#) e di [Pratiche Agricole](#)

Oltre alle leggi esistono poi gli [Standard Operativi UNI EN ISO](#), che spesso sono rilasciati da comitati tecnici Europei e recepiti in Italia.

Per la realizzazione di ogni genere di [dichiarazione](#), quindi sia di [Sostenibilità](#) sia di pratiche di rimozione del carbonio che possono [Generare i Crediti di Carbonio](#) si seguono degli "Standard" Internazionali, che non sono realmente tali (poiché non frutto di trattati firmati tra i paesi) ma semplicemente dei protocolli di aziende che seguono la normativa vigente e che godono di buona reputazione, di conseguenza generano Crediti di Carbonio o Dichiarazioni che sono convincenti e con un buon valore commerciale. Tutti gli Standard prevedono la Certificazione di terza parte, quindi quando si sceglie uno Standard è bene sapere chi li Certifica (ed i costi).

Ora che abbiamo spiegato a grandi linee, a seguire l'elenco di norme da vedere

Normativa Europea

- [CRCF](#) (Carbon Removal and Carbon Farming Regulation)
- [CSRD](#) (Corporate Sustainability Reporting Directive)
- [EU 2024/3012](#) (Union certification framework for permanent carbon removals, carbon farming and carbon storage in products) - ancora non ci sono i protocolli attuativi
- [CBAM](#) (Carbon Border Adjustment Mechanism) - ancora non ci sono i protocolli attuativi

Queste norme sono disponibili gratuitamente sul sito della Commissione Europea. La EU ETS (EU Emissions Trading System) - e la RED II Directive 2018/2001 possono essere letture di approfondimento ma servono solo per il mercato regolamentato di cui il Biochar non fa tipicamente parte.

UNI EN ISO

- [ISO EN UNI 14064](#) (parte 1, 2 e 3) - Sostenibilità Aziendale
- [ISO EN UNI 14067](#) - per i prodotti
- [ISO EN UNI 14068](#) - la gerarchia delle azioni di mitigazione o compensazione

Principali Standard per i Crediti di Carbonio da Biochar

- Carbon Standards International: CSI Standard Global/Artisan
 - Puro
 - Verra - VCS VM044 specifico per il biochar
 - Isometric
 - Reverse
 - Climate Action Reserve - solo per progetti in USA & Canada

Associazioni di Categoria nel settore del Biochar

- iChar - Associazione di riferimento Italiana
- IBI - International Biochar Initiative
- USBI - US Biochar Initiative
- EBC - European Biochar Certificate

Questi non sono Standard ma forniscono molto informazione utili sui Standard

Standard per i Bilanci di Sostenibilità

- Attualmente il GRI - Global Reporting Initiative è il più conosciuto

Normativa in ambito agricolo a di compostaggio

- L.Lgs 152/2006 Tutela Ambientale
- D.Lgs 75/2010 e aggiornamenti - vedere Allegato 2 "Ammendanti" per l'uso di Biochar come ammendante.
- DM 10/10/2022 - per l'uso di Biochar in agricoltura biologica
- Regolamento UE 1009:2019 - REACH ed eventuali esenzioni, più conformità con audit interni.
- EU CAP (Common Agriculture Policy)
- EU 2024/2786 - Rispetto dei requisiti CMC 14

Per il compostaggio esistono norme Regionali, anche inerente il Compostaggio di Comunità.

Per ricevere il documento gratuito di approfondimento sulla normativa contattateci alla seguente mail: silvia@localcarbon.net

Conclusioni

Speriamo con questo breve scritto di aver dato delle indicazioni utili per iniziare ad orientarvi nel mondo della sostenibilità e nell'utilizzo del biochar per benefici agricoli, zootecnici e climatici.

Oltre ad essere appassionati studiosi e scrittori, siamo anche umani che condividono lo stesso pianeta, e quindi vi invitiamo a contattarci se avete bisogno di aiuto.

Al di là di regole, norme, standard e burocrazia, chi fa BCR lavora insieme alle piante per risanare i suoli che ci nutrono ed i cieli che nutrono la terra. Facciamo parte di uno splendido movimento globale di rigenerazione e di cura del pianeta e delle persone, quindi grazie per aver letto fin qui!

Contatti



Silvia Sandri : Presidente Localcarbon Italia, Consigliera Regionale AGCI Umbria (Gruppo Sostenibilità)

Esperta in progetti BCR-CB; rimozione di carbonio tramite biochar con benefici per le comunità. E' disponibile per tutoraggio complessivo di progetti silvia@localcarbon.net



Ammy Bratten : Vice Presidente Localcarbon Italia, Co-Fondatrice di EMITA srl e Vice Presidente dell'Associazione Puliti Senza Chimica

Esperta in Microorganismi Effectivi (EM) E' disponibile per sostegno all'uso degli EM in agricoltura e zootecnia ammyalise@infinito.it



Riccardo Facchini : **Segretario Localcarbon Italia**

Agronomo con specializzazione in zootecnia. E' disponibile per sostegno all'uso della sensoristica in azienda agricola per la raccolta dei dati pre e post intervento riccardofacchini3@gmail.com



Vittoria Santilli : **Libera professionista - affiliata Localcarbon Italia**

Agronoma con specializzazione forestale. Consulente per estimo ambientale e valutazione dei servizi ecosistemici santilliv123@gmail.com

Bibliografia

1. Awasthi, Mukesh Kumar, Zengqiang Zhang, Quan Wang, Feng Shen, Ronghua Li, Dong sheng Li, Xiuna Ren, Meijing Wang, Hongyu Chen, and Junchao Zhao. 2017. "New Insight with the Effects of Biochar Amendment on Bacterial Diversity as Indicators of Biomarkers Support the Thermophilic Phase during Sewage Sludge Composting." *Bioresource Technology* 238: 589–601. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2017.04.100>.
2. Godlewska, Paulina, Hans Peter Schmidt, Yong Sik Ok, and Patryk Oleszczuk. 2017. "Biochar for Composting Improvement and Contaminants Reduction. A Review." *Bioresource Technology* 246 (December): 193–202. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2017.07.095>.
3. Chang, Ruixue, Ying Yao, Wenchao Cao, Jue Wang, Xuan Wang, and Qing Chen. 2019. "Effects of Composting and Carbon Based Materials on Carbon and Nitrogen Loss in the Arable Land Utilization of Cow Manure and Corn Stalks." *Journal of Environmental Management* 233 (March): 283–90. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2018.12.021>.
4. He, Xueqin, Hongjie Yin, Lujia Han, Ruxiu Cui, Chen Fang, and Guangqun Huang. 2019. "Effects of Biochar Size and Type on Gaseous Emissions during Pig Manure/Wheat Straw Aerobic Composting: Insights into Multivariate-Microscale Characterization and Microbial Mechanism." *Bioresource Technology* 271 (January): 375–82. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2018.09.104>.
5. Liu, Ning, Jialiang Zhou, Lujia Han, Shuangshuang Ma, Xiaoxi Sun, and Guangqun Huang. 2017. "Role and Multi-Scale Characterization of Bamboo Biochar during

- Poultry Manure Aerobic Composting." *Bioresource Technology* 241: 190–99. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2017.03.144>.
6. Mao, Hui, Haoyue Zhang, Qian Fu, Minzheng Zhong, Ronghua Li, Bingnian Zhai, Zhaohui Wang, and Lina Zhou. 2019. "Effects of Four Additives in Pig Manure Composting on Greenhouse Gas Emission Reduction and Bacterial Community Change." *Bioresource Technology* 292 (November). <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2019.121896>.
 7. Awasthi, Mukesh Kumar, Quan Wang, Xiuna Ren, Junchao Zhao, Hui Huang, Sanjeev Kumar Awasthi, Altaf Hussain Lahori, Ronghua Li, Lina Zhou, and Zengqiang Zhang. 2016. "Role of Biochar Amendment in Mitigation of Nitrogen Loss and Greenhouse Gas Emission during Sewage Sludge Composting." *Bioresource Technology* 219 (November): 270–80. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2016.07.128>.
 8. "Positive Impact of Biochar Alone and Combined with Bacterial Consortium Amendment on Improvement of Bacterial Community during Cow Manure Composting - ScienceDirect." n.d. Accessed March 17, 2025. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S096085241930207X>.
 9. Dutta, Rahil, Deachen Angmo, Jaswinder Singh, Anu Bala Chowdhary, Jahangeer Quadar, Sharanpreet Singh, and Adarsh Pal Vig. 2023. "Synergistic Effect of Biochar Amendment in Milk Processing Industry Sludge and Cattle Dung during the Vermiremediation." *Bioresource Technology* 371 (March). <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2023.128612>.
 10. Nguyen, Minh Ky, Chitsan Lin, Hong Giang Hoang, Peter Sanderson, Bao Trong Dang, Xuan Thanh Bui, Ngoc Son Hai Nguyen, Dai Viet N. Vo, and Huu Tuan Tran. 2022. "Evaluate the Role of Biochar during the Organic Waste Composting Process: A Critical Review." *Chemosphere* 299 (July). <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2022.134488>.
 11. Ma, Shuangshuang, Yujun Shen, Jingtao Ding, Hongsheng Cheng, Haibin Zhou, Mianshen Ge, Jian Wang, et al. 2024. "Effects of Biochar and Volcanic Rock Addition on Humification and Microbial Community during Aerobic Composting of Cow Manure." *Bioresource Technology* 391 (January). <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2023.129973>.
 12. Głąb, Tomasz, Andrzej Żabiński, Urszula Sadowska, Krzysztof Gondek, Michał Kopeć, Monika Mierzwa-Hersztek, and Sylwester Tabor. 2018. "Effects of Co-Composted Maize, Sewage Sludge, and Biochar Mixtures on Hydrological and Physical Qualities of Sandy Soil." *Geoderma* 315 (April): 27–35. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2017.11.034>.
 13. Wang, Quan, Mukesh Kumar Awasthi, Xiuna Ren, Junchao Zhao, Ronghua Li, Zhen Wang, Meijing Wang, Hongyu Chen, and Zengqiang Zhang. 2018. "Combining Biochar, Zeolite and Wood Vinegar for Composting of Pig Manure: The Effect on Greenhouse Gas Emission and Nitrogen Conservation." *Waste Management* 74 (April): 221–30. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2018.01.015>.
 14. Chowdhury, Md Albarune, Andreas de Neergaard, and Lars Stoumann Jensen. 2014. "Potential of Aeration Flow Rate and Bio-Char Addition to Reduce

- Greenhouse Gas and Ammonia Emissions during Manure Composting." *Chemosphere* 97 (February): 16–25.
<https://doi.org/10.1016/J.CHEMOSPHERE.2013.10.030>.
15. Duan, Yumin, Sanjeev Kumar Awasthi, Tao Liu, Zengqiang Zhang, and Mukesh Kumar Awasthi. 2019. "Response of Bamboo Biochar Amendment on Volatile Fatty Acids Accumulation Reduction and Humification during Chicken Manure Composting." *Bioresource Technology* 291 (November).
<https://doi.org/10.1016/j.biortech.2019.121845>.
 16. Awasthi, Mukesh Kumar, Yumin Duan, Sanjeev Kumar Awasthi, Tao Liu, Zengqiang Zhang, Sang Hyoun Kim, and Ashok Pandey. 2020. "Effect of Biochar on Emission, Maturity and Bacterial Dynamics during Sheep Manure Compositing." *Renewable Energy* 152 (June): 421–29. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2020.01.065>.
 17. Janczak, Damian, Krystyna Malińska, Wojciech Czekala, Rafaela Cáceres, Andrzej Lewicki, and Jacek Dach. 2017. "Biochar to Reduce Ammonia Emissions in Gaseous and Liquid Phase during Composting of Poultry Manure with Wheat Straw." *Waste Management* 66: 36–45. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2017.04.033>.
 18. Zhang, Lu, and Xiangyang Sun. 2014. "Changes in Physical, Chemical, and Microbiological Properties during the Two-Stage Co-Composting of Green Waste with Spent Mushroom Compost and Biochar." *Bioresource Technology* 171 (1): 274–84. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2014.08.079>.
 19. Gong, Xiaoqiang, Lan Zou, Li Wang, Bo Zhang, and Junxian Jiang. 2023. "Biochar Improves Compost Humification, Maturity and Mitigates Nitrogen Loss during the Vermicomposting of Cattle Manure-Maize Straw." *Journal of Environmental Management* 325 (January): 116432.
<https://doi.org/10.1016/J.JENVMAN.2022.116432>.
 20. Ma, Xuzhe, Songling Li, Ruokun Pan, Ziqi Wang, Jingyu Li, Xiu Zhang, Muhammad Azeem, et al. 2023. "Effect of Biochar on the Mitigation of Organic Volatile Fatty Acid Emission during Aerobic Biostabilization of Biosolids and the Underlying Mechanism." *Journal of Cleaner Production* 390 (March).
<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2023.136213>.
 21. Huang, Kui, Mengxin Guan, Jin Chen, Junjie Xu, Hui Xia, and Yiwen Li. 2022. "Biochars Modify the Degradation Pathways of Dewatered Sludge by Regulating Active Microorganisms during Gut Digestion of Earthworms." *Science of the Total Environment* 828 (July). <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.154496>.
 22. Janczak, Damian, Krystyna Malińska, Wojciech Czekala, Rafaela Cáceres, Andrzej Lewicki, and Jacek Dach. 2017. "Biochar to Reduce Ammonia Emissions in Gaseous and Liquid Phase during Composting of Poultry Manure with Wheat Straw." *Waste Management* 66: 36–45. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2017.04.033>.
 23. Wang, Quan, Mukesh Kumar Awasthi, Xiuna Ren, Junchao Zhao, Ronghua Li, Zhen Wang, Hongyu Chen, Meijing Wang, and Zengqiang Zhang. 2017. "Comparison of Biochar, Zeolite and Their Mixture Amendment for Aiding Organic Matter Transformation and Nitrogen Conservation during Pig Manure Composting." *Bioresource Technology* 245: 300–308.
<https://doi.org/10.1016/j.biortech.2017.08.158>.

24. Chen, Hongyu, Sanjeev Kumar Awasthi, Tao Liu, Yumin Duan, Xiuna Ren, Zengqiang Zhang, Ashok Pandey, and Mukesh Kumar Awasthi. 2020. "Effects of Microbial Culture and Chicken Manure Biochar on Compost Maturity and Greenhouse Gas Emissions during Chicken Manure Composting." *Journal of Hazardous Materials* 389 (May). <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2019.121908>.
25. Awasthi, Mukesh Kumar, Meijing Wang, Hongyu Chen, Quan Wang, Junchao Zhao, Xiuna Ren, Dong sheng Li, et al. 2017. "Heterogeneity of Biochar Amendment to Improve the Carbon and Nitrogen Sequestration through Reduce the Greenhouse Gases Emissions during Sewage Sludge Composting." *Bioresource Technology* 224 (January): 428–38. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2016.11.014>.
26. Nguyen, Minh Ky, Chitsan Lin, Hong Giang Hoang, Xuan Thanh Bui, Huu Hao Ngo, Van Giang Le, and Huu Tuan Tran. 2023. "Investigation of Biochar Amendments on Odor Reduction and Their Characteristics during Food Waste Co-Composting." *Science of the Total Environment* 865 (October 2022): 161128. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.161128>.
27. Harrison, Brendan P., Si Gao, Melinda Gonzales, Touyee Thao, Elena Bischak, Teamrat Afewerki Ghezzehei, Asmeret Asefaw Berhe, Gerardo Diaz, and Rebecca A. Ryals. 2022. "Dairy Manure Co-Composting with Wood Biochar Plays a Critical Role in Meeting Global Methane Goals." *Environmental Science and Technology* 56 (15): 10987–96. <https://doi.org/10.1021/acs.est.2c03467>.
28. Abban-Baidoo, Emmanuel, Delphine Manka'abusi, Lenin Apuri, Bernd Marschner, and Kwame Agyei Frimpong. 2024. "Biochar Addition Influences C and N Dynamics during Biochar Co-Composting and the Nutrient Content of the Biochar Co-Compost." *Scientific Reports* 14 (1): 23781. <https://doi.org/10.1038/s41598-024-67884-z>.
29. Sebahire, Felicien, Faridullah Faridullah, Muhammad Irshad, Aziz Ur Rahim Bacha, Farhan Hafeez, and Jean Nduwamungu. 2024. "Effect of Biochar on Composting of Cow Manure and Kitchen Waste." *Land* 13 (10). <https://doi.org/10.3390/land13101545>.
30. Wu, Xin, Liheng Ren, Lin Luo, Jiachao Zhang, Lihua Zhang, and Hongli Huang. 2020. "Bacterial and Fungal Community Dynamics and Shaping Factors during Agriculturalwaste Composting with Zeolite and Biochar Addition." *Sustainability (Switzerland)* 12 (17). <https://doi.org/10.3390/su12177082>.
31. Sebahire, Felicien, Faridullah Faridullah, Muhammad Irshad, Aziz Ur Rahim Bacha, Farhan Hafeez, and Jean Nduwamungu. 2024. "Effect of Biochar on Composting of Cow Manure and Kitchen Waste." *Land* 13 (10). <https://doi.org/10.3390/land13101545>.
32. Llovet, Alba, Stefania Mattana, Juan Chin-Pampillo, Gabriel Gascó, Sara Sánchez, Claudio Mondini, María Jesús Iglesias Briones, et al. 2021. "Long-Term Effects of Gasification Biochar Application on Soil Functions in a Mediterranean Agroecosystem: Higher Addition Rates Sequester More Carbon but Pose a Risk to Soil Faunal Communities." *Science of the Total Environment* 801 (August). <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.149580>.

33. Mondini, C., T. Sinicco, B. Vandecasteele, and T. D'Hose. 2016. "Potential of Biochar in Composting: Effect on Process Performance and Greenhouse Gas Emissions." *Acta Horticulturae* 1146: 251–56.
<https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2016.1146.33>.
34. "J of Env Quality - 2021 - Castro-Herrera - Nutrient Dynamics during Composting of Human Excreta Cattle Manure and Organic.Pdf." n.d.
35. Zhang, Junying, Bowen Fan, Liqin Zhao, Changjiang Zhao, and Fengjun Yang. 2024. "Biochar Promotes Compost Humification by Regulating Bacterial and Fungal Communities." *Frontiers in Microbiology* 15 (September).
<https://doi.org/10.3389/fmicb.2024.1470930>.
36. Han, Zixi, Jianfei Zeng, Xu Zhao, Yanyan Dong, Ziyu Han, and Tiezhu Yan. 2025. "Enhancement of Nitrogen Retention in Cow Manure Composting with Biochar: An Investigation into Migration and Regulation Mechanisms." *Agronomy* 15 (2): 1–15.
<https://doi.org/10.3390/agronomy15020265>.
37. Zhang, Qingjun, Tong Zhu, Qingxiang Xiao, and Ning An. 2022. "The Addition of Biochar and Hyper-Thermal Inoculum Can Regulate the Fate of Heavy Metals Resistant Bacterial Communities during the Livestock Manure Composting." *Fermentation* 8 (5). <https://doi.org/10.3390/fermentation8050207>.
38. Yang, Xinyi, Pengpeng Duan, Yubo Cao, Kelin Wang, and Dejun Li. 2023. "Mechanisms of Mitigating Nitrous Oxide Emission during Composting by Biochar and Calcium Carbonate Addition." *Bioresource Technology* 388 (September): 129772. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2023.129772>.
39. Sebahire, Felicien, Faridullah Faridullah, Muhammad Irshad, Aziz Ur Rahim Bacha, Farhan Hafeez, and Jean Nduwamungu. 2024. "Effect of Biochar on Composting of Cow Manure and Kitchen Waste." *Land* 13 (10).
<https://doi.org/10.3390/land13101545>.
40. Busch, Franziska, Otávio dos Anjos Leal, Nina Siebers, and Nicolas Brüggemann. 2024. "Biochar Captures Ammonium and Nitrate in Easily Extractable and Strongly Retained Form without Stimulating Greenhouse Gas Emissions during Composting." *Journal of Environmental Quality*, no. March: 1099–1115.
<https://doi.org/10.1002/jeq2.20634>.
41. Zainudin, Mohd Huzairi Mohd, Jamuna Thurai Singam, Awis Qurni Sazili, Yoshihito Shirai, and Mohd Ali Hassan. 2022. "Indigenous Cellulolytic Aerobic and Facultative Anaerobic Bacterial Community Enhanced the Composting of Rice Straw and Chicken Manure with Biochar Addition." *Scientific Reports* 12 (1): 1–11.
<https://doi.org/10.1038/s41598-022-09789-3>.
42. Ottani, Filippo, Massimiliano Parenti, Giulia Santunione, Giuseppe Moscatelli, Rocky Kahn, Simone Pedrazzi, and Giulio Allesina. 2023. "Effects of Different Gasification Biochar Grain Size on Greenhouse Gases and Ammonia Emissions in Municipal Aerated Composting Processes." *Journal of Environmental Management* 331 (January): 117257. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2023.117257>.
43. Manka'abusi, Delphine, Volker Häring, Christoph Steiner, Stefanie Heinze, Abdul Halim Abubakari, Edward Yeboah, and Bernd Marschner. 2025. "Biochar Effects on Carbon and Nitrogen Dynamics During Co-Composting of Poultry Manure With

- Carbonized and Uncarbonized Organic Materials in Sub-Saharan Africa." *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*, 1–14. <https://doi.org/10.1002/jpln.202300254>.
44. Jia, Haijiang, Depeng Chu, Xiangwei You, Yiqiang Li, Chongjun Huang, Jili Zhang, Xiangnan Zeng, Hui Yao, and Zhaofeng Zhou. 2022. "Biochar Improved the Composting Quality of Seaweeds and Cow Manure Mixture and Altered the Microbial Community." *Frontiers in Microbiology* 13 (November): 1–11. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2022.1064252>.
 45. Li, Yue, Mukesh Kumar Awasthi, Raveendran Sindhu, Parameswaran Binod, Zengqiang Zhang, and Mohammad J. Taherzadeh. 2023. "Biochar Preparation and Evaluation of Its Effect in Composting Mechanism: A Review." *Bioresource Technology* 384 (May): 129329. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2023.129329>.
 46. "Biochar-Mediatedcomposting.Pdf." n.d.
 47. Tran, Huu Tuan, Nanthi S. Bolan, Chitsan Lin, Quach An Binh, Minh Ky Nguyen, The Anh Luu, Van Giang Le, Cham Q. Pham, Hong Giang Hoang, and Dai Viet N. Vo. 2023. "Succession of Biochar Addition for Soil Amendment and Contaminants Remediation during Co-Composting: A State of Art Review." *Journal of Environmental Management* 342 (May): 118191. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2023.118191>.
 48. Jindo, Keiji, Miguel Angel Sánchez-Monedero, Giovanni Mastrolonardo, Yuki Audette, Fábio Satoshi Higashikawa, Carlos Alberto Silva, Kinya Akashi, and Claudio Mondini. 2020. "Role of Biochar in Promoting Circular Economy in the Agriculture Sector. Part 2: A Review of the Biochar Roles in Growing Media, Composting and as Soil Amendment." *Chemical and Biological Technologies in Agriculture* 7 (1): 1–11. <https://doi.org/10.1186/s40538-020-00179-3>.
 49. Busch, Franziska, Otávio dos Anjos Leal, Nina Siebers, and Nicolas Brüggemann. 2024. "Biochar Captures Ammonium and Nitrate in Easily Extractable and Strongly Retained Form without Stimulating Greenhouse Gas Emissions during Composting." *Journal of Environmental Quality*, no. March: 1099–1115. <https://doi.org/10.1002/jeq2.20634>.
 50. Ravindran, Balasubramani, Dinh Duc Nguyen, Dhiraj Kumar Chaudhary, Soon Woong Chang, Jaisoo Kim, Sang Ryong Lee, Joung Du Shin, Byong Hun Jeon, Seok Joo Chung, and Jae Joung Lee. 2019. "Influence of Biochar on Physico-Chemical and Microbial Community during Swine Manure Composting Process." *Journal of Environmental Management* 232 (February): 592–99. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2018.11.119>.
 51. Zhen, Zhen, Shuwen Luo, Yijie Chen, Gaoyang Li, Huijun Li, Ting Wei, Fengcheng Huang, et al. 2023. "Performance and Mechanisms of Biochar-Assisted Vermicomposting in Accelerating Di-(2-Ethylhexyl) Phthalate Biodegradation in Farmland Soil." *Journal of Hazardous Materials* 443 (February). <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2022.130330>.
 52. Liu, Qiumei, Xunyang He, Kelin Wang, and Dejun Li. 2023. "Biochar Drives Humus Formation during Composting by Regulating the Specialized Metabolic Features of Microbiome." *Chemical Engineering Journal* 458 (January): 141380. <https://doi.org/10.1016/j.cej.2023.141380>.

53. Lalhlansanga, C., Suryateja Pottipati, Bijayananda Mohanty, and Ajay S. Kalamdhad. 2024. "Role of Cow Dung and Sawdust during the Bioconversion of Swine Waste through the Rotary Drum Composting Process." *Environmental Monitoring and Assessment* 196 (12): 1–25.
<https://doi.org/10.1007/s10661-024-13395-3>.
54. Zhao, Hong Yan, Jie Li, Jing Jing Liu, Yu Cai Lü, Xiao Fen Wang, and Zong Jun Cui. 2013. "Microbial Community Dynamics During Biogas Slurry and Cow Manure Compost." *Journal of Integrative Agriculture* 12 (6): 1087–97.
[https://doi.org/10.1016/S2095-3119\(13\)60488-8](https://doi.org/10.1016/S2095-3119(13)60488-8).
55. Raza, Syed Turab, Bo Zhu, Jia Liang Tang, Zulfiqar Ali, Raheel Anjum, Hamidou Bah, Hassan Iqbal, Xiao Ren, and Rida Ahmad. 2020. "Nutrients Recovery during Vermicomposting of Cow Dung, Pig Manure, and Biochar for Agricultural Sustainability with Gases Emissions." *Applied Sciences (Switzerland)* 10 (24): 1–18.
<https://doi.org/10.3390/app10248956>.
56. Awasthi, Mukesh Kumar, Meijing Wang, Hongyu Chen, Quan Wang, Junchao Zhao, Xiuna Ren, Dong sheng Li, et al. 2017. "Heterogeneity of Biochar Amendment to Improve the Carbon and Nitrogen Sequestration through Reduce the Greenhouse Gases Emissions during Sewage Sludge Composting." *Bioresource Technology* 224: 428–38. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2016.11.014>.
57. Zhou, Guixiang, Xiaofeng Xu, Xiuwen Qiu, and Jiabao Zhang. 2019. "Biochar Influences the Succession of Microbial Communities and the Metabolic Functions during Rice Straw Composting with Pig Manure." *Bioresource Technology* 272 (January): 10–18. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2018.09.135>.
58. Duan, Yumin, Sanjeev Kumar Awasthi, Tao Liu, Shivpal Verma, Quan Wang, Hongyu Chen, Xiuna Ren, Zengqiang Zhang, and Mukesh Kumar Awasthi. 2019. "Positive Impact of Biochar Alone and Combined with Bacterial Consortium Amendment on Improvement of Bacterial Community during Cow Manure Composting." *Bioresource Technology* 280 (May): 79–87.
<https://doi.org/10.1016/J.BIORTECH.2019.02.026>.
59. "Biochar Improves Compost Humification, Maturity and Mitigates Nitrogen Loss during the Vermicomposting of Cattle Manure-Maize Straw - ScienceDirect." n.d. Accessed March 17, 2025.
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0301479722020059>.
60. Sanchez-Monedero, M. A., M. L. Cayuela, A. Roig, K. Jindo, C. Mondini, and N. Bolan. 2018. "Role of Biochar as an Additive in Organic Waste Composting." *Bioresource Technology* 247 (January): 1155–64.
<https://doi.org/10.1016/j.biortech.2017.09.193>.
61. Du, Jingjing, Yuyan Zhang, Mingxiang Qu, Yuting Yin, Kang Fan, Bin Hu, Hongzhong Zhang, Mingbao Wei, and Chuang Ma. 2019. "Effects of Biochar on the Microbial Activity and Community Structure during Sewage Sludge Composting." *Bioresource Technology* 272 (January): 171–79.
<https://doi.org/10.1016/j.biortech.2018.10.020>.
62. Wang, Cheng, Qiaoping Tu, Da Dong, P. J. Strong, Hailong Wang, Bin Sun, and Weixiang Wu. 2014. "Spectroscopic Evidence for Biochar Amendment Promoting

- Humic Acid Synthesis and Intensifying Humification during Composting." *Journal of Hazardous Materials* 280 (September): 409–16.
<https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2014.08.030>.
63. Gabhane, Jagdish, SPM Prince William, Rajnikant Bidyadhar, Priya Bhilawe, Duraisamy Anand, Atul N. Vaidya, and Satish R. Wate. 2012. "Additives Aided Composting of Green Waste: Effects on Organic Matter Degradation, Compost Maturity, and Quality of the Finished Compost." *Bioresource Technology* 114 (June): 382–88. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2012.02.040>.
 64. Dias, Bruno O., Carlos A. Silva, Fábio S. Higashikawa, Asunción Roig, and Miguel A. Sánchez-Monedero. 2010. "Use of Biochar as Bulking Agent for the Composting of Poultry Manure: Effect on Organic Matter Degradation and Humification." *Bioresource Technology* 101 (4): 1239–46.
<https://doi.org/10.1016/j.biortech.2009.09.024>.
 65. Hua, Li, Weixiang Wu, Yuxue Liu, Murray B. McBride, and Yingxu Chen. 2009. "Reduction of Nitrogen Loss and Cu and Zn Mobility during Sludge Composting with Bamboo Charcoal Amendment." *Environmental Science and Pollution Research* 16 (1): 1–9. <https://doi.org/10.1007/s11356-008-0041-0>.
 66. Khan, Naser, Ian Clark, Miguel A. Sánchez-Monedero, Syd Shea, Sebastian Meier, and Nanthi Bolan. 2014. "Maturity Indices in Co-Composting of Chicken Manure and Sawdust with Biochar." *Bioresource Technology* 168 (August 2019): 245–51.
<https://doi.org/10.1016/j.biortech.2014.02.123>.
 67. Steiner, C., Das, K.C., Melear, N., Lakly, D., 2010. Reducing nitrogen loss during poultry litter composting using biochar. *J. Environ. Qual.* 39, 4, 1236-1242
 68. Wang, Cheng, Haohao Lu, Da Dong, Hui Deng, P. J. Strong, Hailong Wang, and Weixiang Wu. 2013. "Insight into the Effects of Biochar on Manure Composting: Evidence Supporting the Relationship between N₂O Emission and Denitrifying Community." *Environmental Science and Technology* 47 (13): 7341–49.
<https://doi.org/10.1021/es305293h>.
 69. Abban-Baidoo, Emmanuel, Delphine Manka'abusi, Lenin Apuri, Bernd Marschner, and Kwame Agyei Frimpong. 2024. "Biochar Addition Influences C and N Dynamics during Biochar Co-Composting and the Nutrient Content of the Biochar Co-Compost." *Scientific Reports* 14 (1): 23781.
<https://doi.org/10.1038/s41598-024-67884-z>.
 70. González-Rodríguez, Gabriela, Pablo Preciado-Rangel, Christian Guadalupe Lizárraga-Bernal, and Bernardo Espinosa-Palomeque. 2023. "Análisis Bibliométrico de La Literatura Científica Sobre El Abono Orgánico Bokashi: Alternativa En La Agricultura Sostenible." *Biotecnia* 25 (2): 181–93.
<https://doi.org/10.18633/biotecnia.v25i2.1848>.
 71. Bertolí M, Terry E, Ramos D (2015) Producción y uso del abono orgánico tipo Bocashi. Una alternativa para la producción de los cultivos y la calidad de los suelos. Ediciones INCA, Mayabeque, 50p
 72. Peralta-Antonio, N., de Freitas, G. B., Watthier, M., y Santos, R. H. S. 2019. Compost, bokashi and efficient microorganisms: Their benefits in successive crops

- of broccoli. *Idesia*, 37(2), 59-66.
<https://doi.org/10.4067/S0718-34292019000200059>
73. Pandit, Naba Raj, Schmidt, Hans Peter, Mulder, Jan, Hale, Sarah E., Husson, Olivier, Cornelissen, Gerard. Nutrient effect of various composting methods with and without biochar on soil fertility and maize growth. *Archives of Agronomy and Soil Science* <https://doi.org/10.1080/03650340.2019.1610168>
 74. Andreev N, Ronteltap M, Lens PNL, Boincean B, Bulat L, Zubcov E. 2016. Lacto-fermented mix of faeces and bio-waste supplemented by biochar improves the growth and yield of corn (*Zea mays* L.). *Agric Ecosyst Environ.* 232:263–272. doi:10.1016/j.agee.2016.08.012
 75. Xiao, R., Awasthi, M. K., Li, R., Park, J., Pensky, S. M., Wang, Q., Wang, J. J., & Zhang, Z. (2017). Recent developments in biochar utilization as an additive in organic solid waste composting: A review. *Bioresource Technology*, 246, 203–213. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2017.07.090>
 76. Liu, L., Ye, Q., Wu, Q., Liu, T., & Peng, S. (2021). Effect of biochar addition on sludge aerobic composting and greenbelt utilization. *Environmental Technology and Innovation*, 21. <https://doi.org/10.1016/j.eti.2020.101279>
 77. Khan, N., Clark, I., Sánchez-Monedero, M. A., Shea, S., Meier, S., Qi, F., Kookana, R. S., & Bolan, N. (2016). Physical and chemical properties of biochars co-composted with biowastes and incubated with a chicken litter compost. *Chemosphere*, 142, 14–23. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2015.05.065>
 78. Osman, A. I., Fawzy, S., Farghali, M., El-Azazy, M., Elgarahy, A. M., Fahim, R. A., Maksoud, M. I. A. A., Ajlan, A. A., Yousry, M., Saleem, Y., & Rooney, D. W. (2022). Biochar for agronomy, animal farming, anaerobic digestion, composting, water treatment, soil remediation, construction, energy storage, and carbon sequestration: a review. *Environmental Chemistry Letters*, 20(4), 2385–2485. <https://doi.org/10.1007/S10311-022-01424-X>
 79. Hagemann, N., Subdiaga, E., Orsetti, S., de la Rosa, J. M., Knicker, H., Schmidt, H. P., Kappler, A., & Behrens, S. (2018). Effect of biochar amendment on compost organic matter composition following aerobic composting of manure. *Science of The Total Environment*, 613–614, 20–29. <https://doi.org/10.1016/J.SCITOTENV.2017.08.161>
 80. Jain, M. S., Jambhulkar, R., & Kalamdhad, A. S. (2018). Biochar amendment for batch composting of nitrogen rich organic waste: Effect on degradation kinetics, composting physics and nutritional properties. *Bioresource Technology*, 253, 204–213. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2018.01.038>
 81. Gao, X., Tan, W., Zhao, Y., Wu, J., Sun, Q., Qi, H., Xie, X., & Wei, Z. (2019). Diversity in the Mechanisms of Humin Formation during Composting with Different Materials. *Environmental Science and Technology*, 53(7), 3653–3662. <https://doi.org/10.1021/ACS.EST.8B06401>
 82. Debode, J., Ebrahimi, N., D'Hose, T., Cremelie, P., Viaene, N., & Vandecasteele, B. (2020). Has compost with biochar added during the process added value over biochar or compost to increase disease suppression? *Applied Soil Ecology*, 153. <https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2020.103571>

83. Guo, X. xia, Liu, H. tao, & Zhang, J. (2020). The role of biochar in organic waste composting and soil improvement: A review. *Waste Management*, 102, 884–899. <https://doi.org/10.1016/J.WASMAN.2019.12.003>
84. Xiao, Youqian, Hongnan Yang, Xinru Jiang, Wenguo Wang, and Liangwei Deng. 2025. "Mitigation of Ammonia and Volatile Fatty Acids Inhibition in Dry Anaerobic Digestion of Chicken Manure by Biochar Prepared at Varying Pyrolysis Temperatures." *Bioresource Technology*, 132465. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.biortech.2025.132465>.
85. Kocatürk-Schumacher, Nazlı Pelin, Kor Zwart, Sander Bruun, Lars Stoumann Jensen, Helle Sørensen, and Lijbert Brussaard. 2019. "Recovery of Nutrients from the Liquid Fraction of Digestate: Use of Enriched Zeolite and Biochar as Nitrogen Fertilizers." *Journal of Plant Nutrition and Soil Science* 182 (2): 187–95. <https://doi.org/10.1002/jpln.201800271>.
86. Weldon, Simon, Bert van der Veen, Eva Farkas, Nazlı Pelin Kocatürk-Schumacher, Alba Dieguez-Alonso, Alice Budai, and Daniel Rasse. 2022. "A Re-Analysis of NH₄⁺ Sorption on Biochar: Have Expectations Been Too High?" *Chemosphere* 301 (April): 134662. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2022.134662>.
87. Beler Baykal, B., N. P. Kocaturk, A. D. Allar, and B. Sari. 2009. "The Effect of Initial Loading on the Removal of Ammonium and Potassium from Source-Separated Human Urine via Clinoptilolite." *Water Science and Technology* 60 (10): 2515–20. <https://doi.org/10.2166/wst.2009.614>.
88. Kocatürk-Schumacher, Nazlı Pelin, Kor Zwart, Sander Bruun, Lars Stoumann Jensen, Helle Sørensen, and Lijbert Brussaard. 2019. "Recovery of Nutrients from the Liquid Fraction of Digestate: Use of Enriched Zeolite and Biochar as Nitrogen Fertilizers." *Journal of Plant Nutrition and Soil Science* 182 (2): 187–95. <https://doi.org/10.1002/jpln.201800271>.
89. Moscatelli, Giuseppe, Arianna Pignagnoli, Andrea Zanaroli, Fabio Verzellesi, Filippo Ottani, Simone Pedrazzi, and Nicolò Morselli. 2023. "Gruppo Operativo per l' Innovazione." GOi CHAR RIMEDIO Utilizzo del Biochar per la riduzione delle emissioni clima-alteranti in suinicoltura
90. Casini, David, Tommaso Barsali, Andrea Maria Rizzo, and David Chiamonti. 2021. "Production and Characterization of Co-Composted Biochar and Digestate from Biomass Anaerobic Digestion." *Biomass Conversion and Biorefinery* 11 (6): 2271–79. <https://doi.org/10.1007/s13399-019-00482-6>.

