



# scienza attiva®

EDIZIONE 2015/2016

AGRICOLTURA, ALIMENTAZIONE E SOSTENIBILITA'

## ***Il biochar una soluzione sostenibile per agricoltura ed ambiente***

**A. Maienza, S. baronti, L. Genesio. F. P. Vaccari, F.  
Miglietta**

***Istituto di Biometrologia, Consiglio Nazionale  
delle Ricerche, Firenze***



*Documento di livello: A*

Un progetto di



**agorà scienza**  
centro interuniversitario



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI TORINO



scienza attiva®

## Introduzione

### *Agricoltura e Cambiamenti Climatici*

Il riscaldamento climatico è inequivocabile, come è ormai evidente dalle osservazioni dell'aumento delle temperature medie globali dell'atmosfera e degli oceani, dallo scioglimento di neve e ghiaccio e dall'innalzamento del livello del mare. Le concentrazioni in atmosfera di anidride carbonica (CO<sub>2</sub>), metano (CH<sub>4</sub>) e protossido di azoto (N<sub>2</sub>O) sono notevolmente aumentate come risultato dell'attività umana dai valori pre-industriali (1800): per esempio, la concentrazione di CO<sub>2</sub> è cresciuta da un valore pre-industriale di circa 280 ppm ad un valore di 397 ppm nel 2015. L'aumento della CO<sub>2</sub> in atmosfera è dovuto principalmente all'utilizzo di combustibili fossili; nonostante ciò, anche alcune pratiche forestali ed agricole hanno un ruolo, nell'aumento della CO<sub>2</sub> come la deforestazione, l'agricoltura "taglia e brucia", praticate nelle zone tropicali, il prosciugamento di zone umide, che accelera la decomposizione della sostanza organica, e l'utilizzo di torba per scopi agricoli. Inoltre gli incrementi di CH<sub>4</sub> ed N<sub>2</sub>O sono dovuti principalmente all'agricoltura (IPCC<sup>1</sup>, 2007). Continuare ad emettere gas serra ad un tasso uguale o superiore a quello attuale, causerebbe un ulteriore riscaldamento e provocherebbe molti cambiamenti nel sistema climatico globale durante il XXI secolo; questi cambiamenti molto probabilmente potrebbero essere maggiori di quelli osservati durante il XX secolo. Le simulazioni con i modelli matematici mostrano, infatti, che se anche tutte le cause delle forzanti radiative fossero mantenute costanti ai livelli dell'anno 2000, nei prossimi due decenni si verificherebbe un ulteriore aumento riscaldamento di circa 0.1° C per decennio, causato principalmente dalla lenta risposta degli oceani. La miglior stima delle proiezioni proveniente dai modelli indica che il riscaldamento medio decennale sopra ogni continente abitato nel 2030 è insensibile alla scelta degli diversi scenari ed è molto probabile che tale riscaldamento sia almeno due volte maggiore del suo corrispondente stimato tramite modelli per la variabilità naturale durante il XX secolo (IPCC, 2000). Con il Protocollo di Kyoto del 1997, uno dei più importanti accordi raggiunti dall'UNFCCC, i Paesi industrializzati aderenti si sono impegnati a ridurre le emissioni di gas clima-alteranti ad un livello inferiore del 5% rispetto al livello del 1990 entro il 2012 (Nazioni Unite, 1998).

Il settore agricolo gioca un ruolo fondamentale nel processo dei cambiamenti climatici. Rispetto ad altre attività antropiche, l'agricoltura rappresenta allo stesso tempo una fonte diretta di emissione di gas serra (10-12% delle emissioni annuali globali di natura antropica, Denman et al., 2007), ma anche un potenziale strumento di mitigazione dei cambiamenti climatici se praticata in modo sostenibile.

---

<sup>1</sup> Il gruppo di esperti intergovernativo sui cambiamenti climatici ( IPCC ) è l' organismo internazionale che guida la valutazione dei cambiamenti climatici . E 'stato istituito dal Programma delle Nazioni Unite per l'ambiente ( UNEP ) e l' Organizzazione Meteorologica Mondiale ( WMO ) nel 1988 per fornire al mondo con una visione chiara e scientifica sullo stato attuale del cambiamento climatico e i potenziali impatti ambientali e socio -economici .

Nel 2003, con il rapporto *Good Practice Guidance for Land Use, Land Use Change and Forestry* (LULUCF) redatto dall'IPCC, per la prima volta, si guarda all'agricoltura come mezzo per una potenziale azione di mitigazione e di adattamento ai cambiamenti climatici, e in particolare, vengono messe in evidenza le pratiche di fissazione di carbonio (C) nel suolo (Jandl, 2010). La lavorazione minima e la non lavorazione, la rotazione e l'avvicendamento colturale, l'uso di ammendanti, il sovescio, l'inerbimento, il miglioramento della gestione dei pascoli, la gestione integrata degli elementi nutritivi, il set-aside, sono tutte pratiche agricole capaci di aumentare il carbonio contenuto nel suolo.

Nel Rapporto IPCC (AR4 -2007) si stima che la mitigazione potenziale del sequestro di carbonio nei suoli agricoli rappresentano l'11- 17% del potenziale di mitigazione totale.

Il suolo è una riserva dinamica di carbonio (*carbon sink*) capace di trattenere in forma organica notevoli quantità di questo elemento; il C contenuto nel suolo è superiore a 1500 Gt, quasi tre volte superiore a quello contenuto nell'atmosfera (600 Gt di C). Tuttavia, nei suoli agricoli l'attuale stock di carbonio organico è, in generale, molto al di sotto della capacità potenziale della maggior parte dei terreni agricoli dei paesi industrializzati, infatti, i suoli hanno perso da 30 a 40 tonnellate di carbonio per ettaro. Da questi dati emerge chiaramente il potenziale ruolo dell'agricoltura nella gestione dei suoli, e, quindi, quale potenziale strumento per la mitigazione dei cambiamenti climatici.

## Ciclo del Carbonio

Il ciclo globale del carbonio è rappresentato dall'insieme degli scambi di anidride carbonica e altri composti del carbonio tra i vari sink. La  $\text{CO}_2$  presente nell'aria viene assimilata dalle piante tramite il processo fotosintetico: parte della  $\text{CO}_2$  assorbita dalla pianta viene processata nella respirazione cellulare per la produzione dell'energia cellulare e alla morte della pianta l'accumulo il carbonio della pianta viene utilizzato nelle catene alimentari degli animali e degradata dai microrganismi del terreno. In seguito ai processi respirativi della pianta, si ha un rilascio di  $\text{CO}_2$  in atmosfera. Da qui l'anidride carbonica può essere assorbita nelle acque degli oceani sotto forma di bicarbonato ed essere stoccata anche in profondità. Sul fondo degli oceani si accumulano inoltre sedimenti derivati dalla decomposizione di organismi marini, gusci di calcite e aragonite, il cui ricircolo avviene in tempi lunghissimi. Alcuni di questi sedimenti, in determinate condizioni e in milioni di anni, possono originare giacimenti di petrolio, di carbone e di gas naturale, i quali, una volta estratti e utilizzati come combustibili per le attività umane, si trasformano nuovamente in  $\text{CO}_2$  che ritorna in atmosfera chiudendo anche questo circolo (Figura 1).

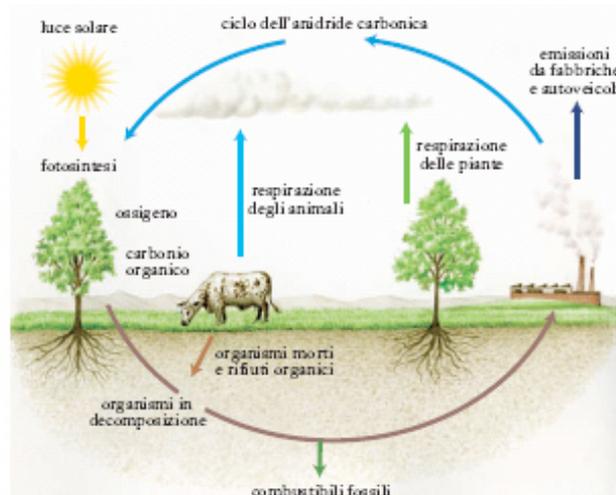


Figura 1. Il ciclo del carbonio

## Il Biochar

L' International Biochar Initiative (IBI) definisce il biochar come ***“un materiale solido ottenuto dalla carbonizzazione della biomassa che può essere aggiunto al suolo con l'intenzione di migliorare le funzioni del suolo e per ridurre le emissioni dei gas serra. Il Biochar rappresenta un metodo per aumentare il sequestro del carbonio nel suolo”***.

Il biochar o carbone vegetale, si ottiene dalla pirolisi di diversi tipi di biomassa. La pirolisi permette di ottenere: un gas (syngas) con un potere calorifico pari al GPL che può essere utilizzato in processi produttivi che necessitino di calore (es: essiccazione o per la produzione di energia elettrica) e biochar o carbone vegetale.

Il sottoprodotto della pirolisi è il biochar (90% di contenuto di carbonio) che, se applicato al terreno, è un ottimo ammendante<sup>2</sup>.

Diversamente dagli altri ammendanti a base di sostanza organica, la struttura carboniosa del biochar (ricca in anelli aromatici che formano una struttura cristallina) gli permette di essere molto più stabile nel terreno e dunque di essere degradato con tempi più lenti dai microrganismi. Questa caratteristica viene detta “recalcitranza” ed è la caratteristica principale che rende il ottimo alleato nella lotta ai cambiamenti climatici (Figura 2).

Infatti utilizzare il biochar come ammendante ci permette di “sequestrare” carbonio in esso contenuto invece che farlo tornare all’atmosfera sotto forma di CO<sub>2</sub> come nel caso del compost o della combustione dei residui di potatura (pratica effettuata normalmente) (Kuhlbusch et al., 1996; Lehmann et al., 2002, Harris e Hill, 2007) (Figura 3).

Per biomassa da cui ottenere biochar si intendono i prodotti e residui di origine vegetale provenienti dall’agricoltura e dalla selvicoltura e i residui agro-industriali (come sanse di oliva, vinacce, crusche, noccioli e gusci di frutta).

Il tipo di biomassa utilizzata per la produzione di Biochar è importante, perché da esse dipendono le caratteristiche chimiche e fisiche del biochar. I rapporti elementari tra carbonio, ossigeno e idrogeno della biomassa sono parametri chiave per la qualità dei prodotti commerciali del processo produttivo.

---

<sup>2</sup> si dice ammendante una sostanza naturale o prodotta chimicamente usata per modificare o migliorare le caratteristiche di un terreno

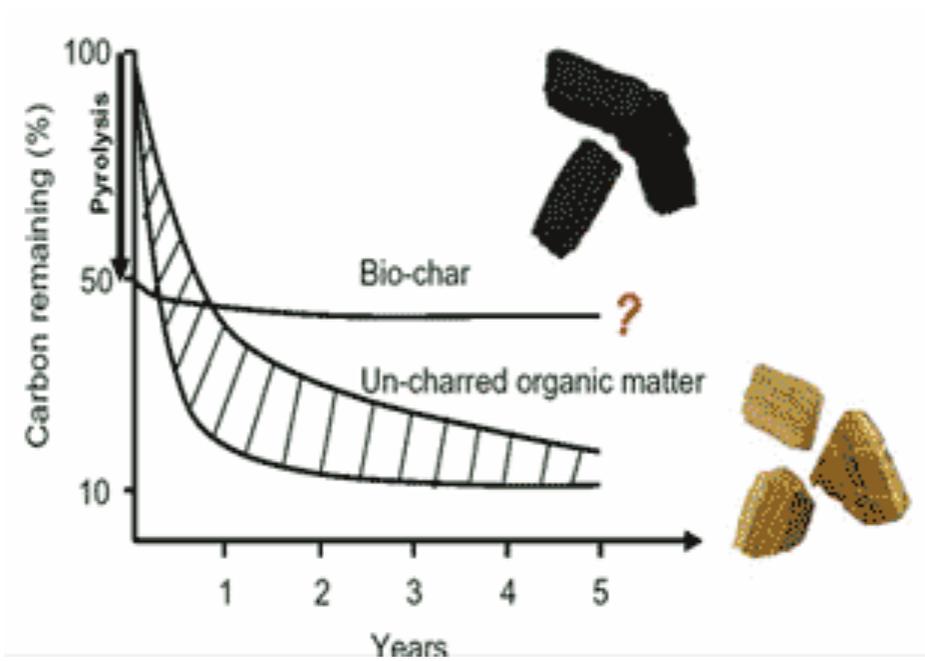


Figura 2. Stabilità del biochar nel terreno

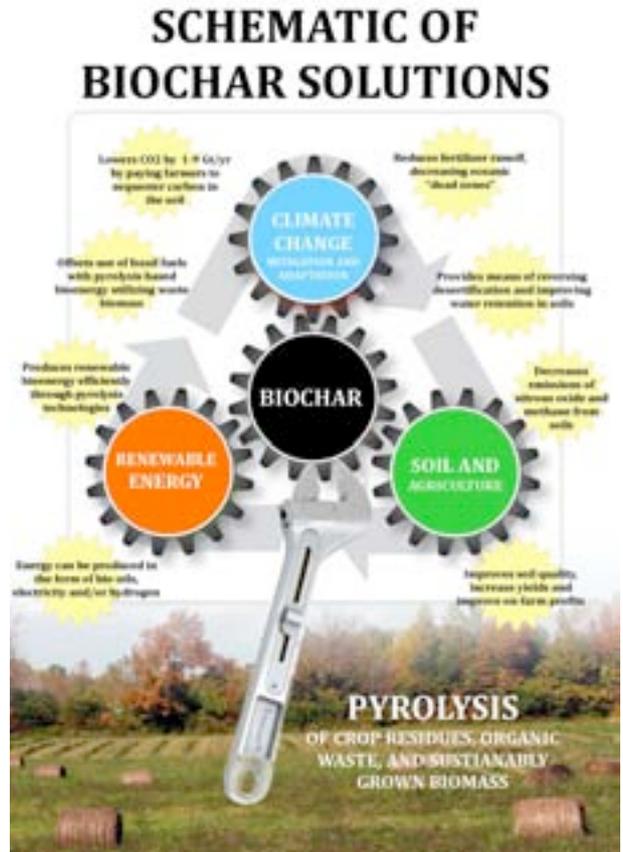


Figura 3. Diagramma schematico della "Biochar Solutions"

## Una tecnologia “Carbon Negative”

Le piante sottraggono carbonio dall'atmosfera attraverso il processo fotosintetico. Com'è noto, infatti, esse utilizzano acqua, luce e CO<sub>2</sub> per sintetizzare i composti organici necessari alla loro sopravvivenza. Una volta che la pianta muore, parte dell'anidride carbonica che questa ha organizzato con il processo fotosintetico torna in atmosfera. Se i residui vegetali della pianta, anziché essere bruciati (con conseguente rilascio di CO<sub>2</sub>), vengono indirizzati al processo della pirolisi (combustione in assenza di ossigeno), il carbonio organizzato dalla pianta viene convertito in biochar.

Dal momento che il biochar rimuove il carbonio organico dal ciclo della decomposizione della pianta, esso sottrae CO<sub>2</sub> dall'atmosfera. Il biochar sequestra circa il 50% del carbonio contenuto inizialmente nei residui vegetali pirolizzati mentre il restante 50% lo si ritrova nel syngas, il gas che si produce durante la pirolisi e che può essere utilizzato come fonte energetica.

Se le fonti energetiche rinnovabili come il solare o l'eolico sono processi carbon neutral, ovvero non comportano emissione di nuova CO<sub>2</sub> in atmosfera e non alterano il bilancio del carbonio, il biochar determina invece un bilancio *carbon negative* in quanto l'anidride carbonica “sottratta” dall'atmosfera con la fotosintesi viene immobilizzata nel terreno attraverso l'interramento del biochar (Figura 4). Si stima che una fattoria di 250 ha che utilizzi biochar addizionato d'azoto sia in grado di sequestrare 1900 tonnellate di carbonio all'anno (<http://www.biorenew.iastate.edu>). Ulteriori ricerche sono necessarie ma i risultati fino ad ora ottenuti sono positivi tant'è che il biochar è stato inserito nell'agenda dei prossimi negoziati internazionali sui cambiamenti climatici come la più promettente strategia di mitigazione del cambiamento climatico.

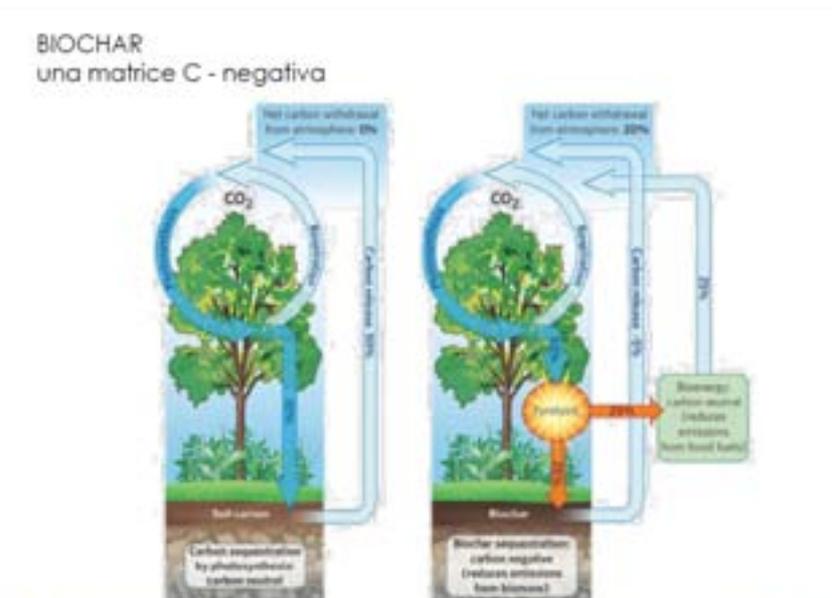


Figura 4. Il ciclo del Carbonio modificato dall'introduzione dell'uso Biochar

## Antica pratica per nuove applicazioni

L'uso di materiale carbonioso come ammendante del terreno non è una scoperta recente. Infatti i materiali carbonizzati sono stati utilizzati per molti secoli dalle antiche civiltà come strumenti per migliorare le caratteristiche del terreno (in Giappone, in singole aree dell'Asia orientale e dell'America del Sud e Mediterraneo).

Nel 1966 il pedologo Sombroek rilevò per primo, nel bacino della Foresta Amazzonica, dei siti dove il suolo presentava caratteristiche assolutamente diverse dai terreni adiacenti, nonostante la mineralogia e la tessitura fossero le stesse. In questi siti (Figura 6), denominati *'Terra Preta'* (dal portoghese terra nera), il suolo presentava un contenuto di sostanza organica (s.o.<sup>3</sup>) molto elevato, mediamente del 14 % (Genesio, 2014), fino ad una profondità di 40-80 cm, un pH alcalino, attività biologica elevata ed erano particolarmente fertili. Queste caratteristiche erano del tutto contrarie a quelle dei suoli adiacenti fortemente alterati e poco fertili tipici degli ambienti tropicali come quelli amazzonici di colore rosso, ricchi in caolinite e con una s.o. che varia dal 0,2 al 2 %, pH acido e ricchi in alluminio.

Gli studi dimostrarono che questa particolare fertilità del terreno derivava dall'interramento, di materiali carboniosi (residui di fuochi da cucina) da parte delle popolazioni indigene per migliaia di anni. Ad oggi esempi di suoli come Terra Preta sono utilizzati per studiare gli effetti del biochar sul lungo termine e il tempo effettivo di degradazione di questo materiale.



Figura 6. Profilo di un Terreno Tropicale (a sinistra) e di un *'Terra Preta'*(a destra) .

<sup>3</sup> Sostanza organica: è l'insieme dei composti organici presenti nel terreno, di origine sia animale che vegetale. Il contenuto in sostanza organica è un parametro di fertilità del terreno.

## Le carbonaie

Una pratica antica della pirolisi erano le “Carbonaie”, una delle attività umane più antiche per la produzione del carbone di legna. In Italia la produzione del carbone di legna veniva effettuata con la carbonaia, ad opera dei contadini che in autunno si trasformavano in boscaioli specializzati nell'individuare la legna giusta per la produzione del tipo di carbone richiesto: per il riscaldamento, per cucinare. Le carbonaie venivano allestite in spiazzi, nei boschi, e si preparavano costruendo una catasta centrale che fungeva da camino sulla quale si appoggiavano tronchi di legna in modo da formare un cono sempre più grande, fino alla misura voluta, che poteva anche raggiungere i 6-7 metri di diametro e 2-3 metri di altezza (Figura 7).



Figura 7. Esempio di Carbonaia

## La Pirolisi

La pirolisi è un processo energetico che porta alla degradazione termochimica della biomassa in condizioni di carenza o assenza dell'agente ossidante (es.  $O_2$ ). Il materiale carbonioso non è l'unico prodotto di questa reazione, infatti, si ottengono due coprodotti: un residuo liquido nero viscoso (tar o bio-olio) e una miscela di gas (syngas). Il bilancio quantitativo e qualitativo dei tre prodotti è influenzato dalla biomassa (e.g. dimensioni particelle, caratteristiche chimiche) di partenza e dal processo produttivo (e.g. tecnologia utilizzata, condizioni di processo e.g. temperatura e tempo di residenza) (Figura 8).

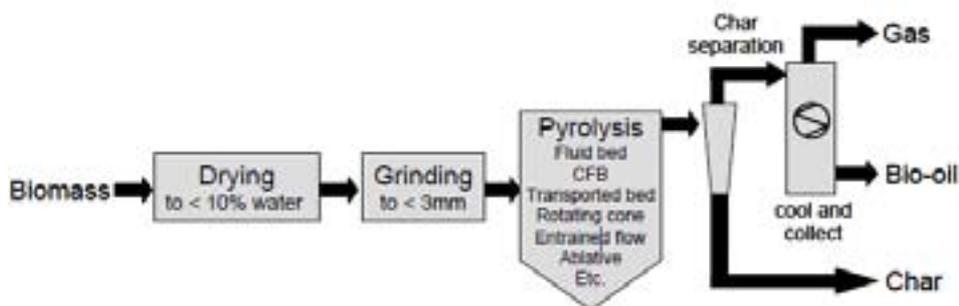


Figura 8. Diagramma del processo di pirolisi schematizzato. (Modificato da Bridgewater, 2006)

Agli antichi metodi delle “carbonaie” ad oggi si aggiungono i moderni processi industriali:

- Pirolisi lenta:

- temperature del reattore relativamente basse ( $< 400\text{ }^{\circ}\text{C}$ )
- velocità di riscaldamento molto bassa (da  $0,01$  a  $2\text{ }^{\circ}\text{C/s}$ )
- tempi di permanenza della biomassa: minuti, ore o giorni
- reattore operante a pressione atmosferica
- tempra termica dei prodotti: da minuti a ore

Biochar, tar e syngas si formano in proporzioni approssimativamente uguali.

- Pirolisi veloce:

- temperature del reattore superiori a  $450\text{ }^{\circ}\text{C}$
- elevati tassi di riscaldamento ( $> 1000\text{ }^{\circ}\text{C/s}$ )
- tempi di permanenza del prodotto gassoso inferiori a  $2\text{ s}$
- tempra termica dei prodotti:  $< 40\text{ ms}$ .

La pirolisi veloce è stata sviluppata con l'obiettivo di raggiungere un alto rendimento del combustibile liquido (tar), può essere azionato da  $\sim 425\text{-}550\text{ }^{\circ}\text{C}$  per ottimizzare le rese di tar e sopra  $600\text{ }^{\circ}\text{C}$  (pirolisi ad alta temperatura) per aumentare o ottimizzare la resa del syngas (fine ultimo produzione di energia).

- Gassificazione:

è il processo mediante il quale qualsiasi materiale carbonioso è convertito sostanzialmente in un flusso di monossido di carbonio e idrogeno. Condizioni di processo sono: alte temperature di reazione ( $> 800$  °C) e concentrazione di ossigeno controllata, a volte alte pressioni (15-50 bar) (Bridgewater, 2006). Il processo è massimizzato per la produzione di syngas e quindi la resa di biochar tende ad essere molto bassa.

## Le principali caratteristiche del Biochar

### *Eterogeneità*

Le caratteristiche chimiche e fisiche del biochar sono fortemente dipendenti dal processo di pirolisi con conseguenza sul suo valore in termini di prestazioni agronomiche o di sequestro del carbonio. Sia il processo (pirolisi o gassificazione) che i parametri di processo (temperatura) sono importanti nel determinare le proprietà del prodotto. In genere all'aumentare della temperatura di pirolisi, diminuisce la resa in termini di prodotto solido (biochar) ed aumenta la produzione di syngas per energia. Inoltre, a temperature elevate il biochar uscente sarà costituito da una maggiore proporzione di sostanza inorganica minerale rispetto a quella organica. Durante la pirolisi, infatti, la materia organica perde idrogeno, ossigeno e azoto risultando più ricca in minerali. Solitamente, all'aumentare della temperatura di pirolisi, segue anche un aumento del pH ed aumento dell'area superficiale del biochar. Oltre pirolisi alla tipologia di processo, anche la biomassa di partenza ha un ruolo chiave per le caratteristiche fisico-chimiche del prodotto finale. Il biochar, infatti, come già accennato, può essere ottenuto da diverse biomasse (cippato, pellet di legno, cortecchia, residui di colture, gusci di noci, mali di noce, residui dell'industria di lavorazione della canna da zucchero, della lavorazione dell'olio, etc) ognuna con una struttura fisica di partenza completamente diversa dalle altre. Infatti con la pirolisi, la struttura fisica del materiale, il suo scheletro carbonioso, la sua porosità ed i minerali contenuti vengono mantenuti.

### *Porosità*

Come già accennato, il biochar è un materiale altamente poroso. Il grado di porosità è determinato dalla biomassa di partenza e dalla temperatura di pirolisi (basse temperature conservano la struttura originale della biomassa). Il biochar ha una struttura amorfa all'interno della quale sono presenti strutture cristalline (dette cristalliti) disposte casualmente e costituite da pile di fogli formati da composti aromatici coniugati tra loro.

Utilizzato nel terreno, aumenta la ritenzione idrica e quella degli elementi nutritivi che rimangono più a lungo disponibili per le piante.

Molti studi hanno già dimostrato l'impatto positivo dell'applicazione del biochar sulle produzioni agricole diminuendo il fabbisogno di acqua, inoltre, i pori permettono anche la creazione di "nicchie ecologiche" da parte dei microorganismi aumentandone la quantità e a volte la qualità come viene evidenziato nella Figura 8, tratta dall'articolo del Prof. Lehmann pubblicato nel 2011 sulla rivista scientifica Soil Biology and Biochemistry.

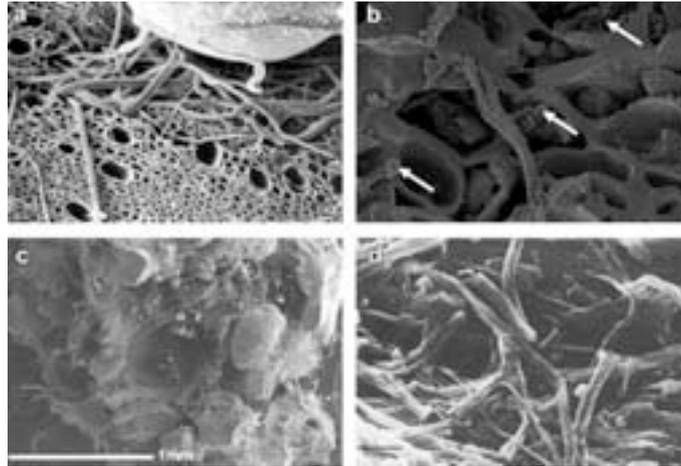


Figura 8. Porosità del Biochar e colonizzazione dei pori da parte dei batteri.

### Area Superficiale

Un'altra caratteristica, correlata alla porosità (relazione diretta con il numero di micropori), è l'elevata area superficiale – il biochar possiede un'elevata area superficiale specifica paragonabile a quella di una argilla (compresa tra i 5 e i 750 m<sup>2</sup>/g). Questa caratteristica è tipica dei materiali assorbenti e per i biochar aumenta quando la biomassa appartiene a residui legnosi. Questa caratteristica conferisce al biochar anche proprietà adsorbenti che potrebbero permettere la sua applicazione nella fito e bio depurazione dei terreni altamente inquinati tramite la capacità di assorbire molecole organiche e inorganiche. Questo aspetto potrebbe aprire interessanti prospettive per l'utilizzo del biochar anche negli interventi di ripristino ambientale.

### Proprietà ammendanti

Nei terreni ammendati con biochar la capacità di scambio cationico (CSC<sup>4</sup>) del suolo aumenta. Ciò è dovuto alle caratteristiche colloidali e all'abbondanza di gruppi funzionali – soprattutto fenolici e carbossilici – che si formano sulla superficie del materiale carbonioso in seguito all'ossidazione con l'ossigeno.

Quasi tutti i biochar hanno un pH fortemente alcalino (generalmente compreso tra 8-12) dovuto all'abbondanza di carbonati e anioni organici oltre alla perdita di gruppi funzionali acidi (ad esempio i gruppi carbossilici) del processo di pirolisi. Questo aspetto è importante poiché (nei terreni acidi come quello tropicali) lo rende idoneo a migliorare il pH e favorire il *liming effect*<sup>5</sup>.

<sup>4</sup> Lo scambio ionico rappresenta uno dei principali meccanismi con cui il terreno trattiene e mette a disposizione delle piante e dei microrganismi elementi quali il calcio, il magnesio, il potassio, l'azoto ammoniacale, perciò la CSC è un indice della potenziale fertilità chimica del terreno.

<sup>5</sup> Liming è l'applicazione di materiali nel suolo per neutralizzarne l'acidità ed aumentare l'attività di batteri del suolo.

Inoltre, alcuni degli stessi cationi che conferiscono alcalinità al terreno, come calcio e potassio, sono anche dei nutrienti importanti, e si trovano in forma facilmente scambiabile.

L'elevata porosità e superficie specifica del biochar modificano le dinamiche di ritenzione dei gas e dei fluidi nel suolo. Macropori e micropori sono in grado di equilibrare efficacemente il contenuto di aria e acqua nel terreno, mitigando i problemi di bassa ritenzione idrica nei terreni sabbiosi e di alta ritenzione idrica nei terreni argillosi. In generale, nei terreni ammendati, è stato dimostrato che il contenuto totale di acqua del suolo e la capacità di ritenzione idrica aumentano.

### *Risposta delle piante*

Attualmente, non è ancora possibile ricavare una relazione quantitativa tra tasso di applicazione al terreno del biochar e resa produttiva delle colture e soprattutto, non è ancora possibile fare delle previsioni sui raccolti a lungo termine. Tuttavia, l'evidenza suggerisce che grazie ai miglioramenti delle caratteristiche agronomiche del terreno, per alcune combinazioni colture-suolo, l'aggiunta di biochar è generalmente vantaggiosa per le piante e che in pochissimi casi è negativa. In un lavoro pubblicato nel 2011 è stata presentata una meta-analisi statistica di tutti i dati scientifici disponibili con l'obiettivo di valutare l'effetto dell'applicazione del biochar al suolo sulla produttività delle colture. I risultati hanno mostrato un incremento delle rese in media del 10%. Tuttavia, i dati che sono stati utilizzati per la meta-analisi coprivano una vasta gamma di valori (da -28% a +39%).

## Il Biochar in Italia

Nel 2009 in Italia nasce l'Associazione Italiana Biochar (ICHAR).

ICHAR è un'Associazione no-profit, ed ha lo scopo di promuovere soluzioni, tecnologie, studi avanzati, attività dimostrative e progetti educativi legati alla produzione ed all'uso del biochar per il sequestro di CO<sub>2</sub> atmosferica nel suolo e per il miglioramento della fertilità dei terreni agricoli.

L'Associazione è stata fondata da rappresentanti del Consiglio Nazionale delle Ricerche, da rappresentanti di varie Università italiane, da imprese commerciali con il fine principale di promuovere la ricerca, lo sviluppo, la dimostrazione, l'uso ed infine la commercializzazione del biochar. A questo proposito nel 2012 ICHAR è stata promotrice di un'istanza per chiedere l'inclusione del Biochar nel registro degli ammendanti alla Commissione Italiana Ammendanti e Fertilizzanti. L'obiettivo è stato raggiunto con successo con la pubblicazione della normativa-Biochar sulla Gazzetta Ufficiale, Serie Generale n° 186 del 12-8-2015.

Ichar, attualmente, è il riferimento italiano dell' *International Biochar Initiative* (IBI), associazione a livello internazionale, e conta oggi molti iscritti appartenenti a varie categorie: ricercatori, aziende, amministratori pubblici, studenti, e agricoltori.

### Modalità di distribuzione in campo

Per svolgere al meglio la sua funzione 'ammendante, il biochar dovrebbe essere distribuito negli strati più superficiali del terreno, dove avviene la maggior parte del ciclo dei nutrienti e dove sono concentrate la maggior parte delle radici delle piante.

Le modalità con cui distribuire il materiale carbonioso nel suolo dipendono dal sistema di coltivazione. In generale, il biochar dovrebbe essere gestito tramite le tradizionali macchine agricole ed essere incorporato nel suolo durante le lavorazioni di routine.

Il materiale può essere prima distribuito sulla superficie del terreno e successivamente essere interrato (o rimanere sulla superficie, e.g. sistemi colturali no-tillage, pascoli, frutteti inerbiti, etc.) o può essere direttamente incorporato nel suolo.

La distribuzione del biochar può essere estesa a tutta la superficie lavorabile oppure può essere localizzata, intorno alle piante (e.g. trincee, buche).

Il biochar può essere distribuito nel suolo da solo oppure mescolato con altri materiali solidi (e.g. concimi, compost), in questo ultimo caso può migliorare l'efficienza fertilizzante. Può anche essere miscelato con concimi liquidi e applicato come una sospensione, riducendo gli odori sgradevoli e le emissioni di ammoniaca dei liquami.

La principale problematica relativa alla distribuzione del biochar è legata alla sua frantumazione in particelle polverulente (dimensioni < 2 mm). Questo problema varia ampiamente a seconda della

biomassa di origine e della tecnica produttiva con la quale il materiale carbonioso è stato ottenuto. In generale, quando il biochar viene manipolato (gestito), data la sua relativa fragilità macrostrutturale, si frantuma in particelle di piccole dimensioni (polveri), le quali sono suscettibili all'azione erosiva del vento e dell'acqua. Varie forme (e.g. pellet) sono in fase di studio per sopperire a questa fragilità (Andrenelli et al 2015).

### *Dosi da applicare*

Per definire le dosi da applicare nel suolo di ogni ammendante deve essere disponibile una vasta gamma di prove sperimentali in pieno campo. In questo momento, non sono disponibili dati sufficienti per dettare delle linee guida circa la quantità di biochar da aggiungere nel terreno in funzione del tipo di suolo e di colture. Inoltre, esistono vari tipi di materiale carbonioso che, come già detto, differiscono ampiamente nelle loro caratteristiche, quindi anche la natura del biochar (e.g. pH, contenuto di ceneri) influenza la quantità da applicare. Nella letteratura scientifica, diversi studi hanno riportato effetti positivi dell'applicazione del biochar sulle rese delle colture con una gamma molto vasta di dosi, che varia da 0,5 a 100 t/ha. È una forbice molto ampia, ma proseguendo con la ricerca scientifica si sapranno dare indicazioni più precise relativamente a questo aspetto agronomico.

Poiché il C contenuto nel materiale carbonioso varia, può essere opportuno indicare le quantità da applicare in tonnellate di biochar-C per ettaro, piuttosto che in tonnellate di materiale per ettaro (questa esigenza si ravvede soprattutto per il conteggio del carbonio fissato nel suolo).

### *Frequenza ed epoca di applicazione*

Grazie alla sua recalcitranza alla decomposizione nel suolo, singole applicazioni di biochar possono fornire effetti benefici per più stagioni colturali. Pertanto, non è necessario applicarlo a ciascuna coltura. Tuttavia, la frequenza di applicazione può aumentare poiché essa dipende dal sistema di gestione agronomica e dalla disponibilità della fornitura del materiale carbonioso.

## GLOSSARIO:

**Black Carbon:** Il nero di carbone (o nerofumo o carbon black) è un pigmento prodotto dalla combustione incompleta di prodotti petroliferi pesanti quali, catrame di carbon fossile, catrame ottenuto dal cracking dell'etilene, o da grassi ed oli vegetali. Il nero di carbone è una forma di particolato carbonioso ad alto rapporto superficie/volume come parametro importante per la resa colorimetrica, anche se lo stesso rapporto è basso rispetto al carbone attivo. E' dissimile dalla fuliggine sempre per un rapporto tra superficie e volume più alto, ed un trascurabile e non biodisponibile contenuto di idrocarburi policiclici aromatici (IPA). Il maggior impiego è come pigmento per il rinforzamento della gomma e dei prodotti plastici.

**Cambiamento climatico:** In climatologia con il termine cambiamento climatico si indicano le variazioni del clima della Terra, ovvero variazioni a diverse scale spaziali (regionale, continentale, emisferica e globale) e storico-temporali (decennale, secolare, millenaria e ultramillenaria) di uno o più parametri ambientali e climatici nei loro valori medi: temperature (media, massima e minima), precipitazioni, nuvolosità, temperature degli oceani, distribuzione e sviluppo di piante e animali. A volte questo termine viene utilizzato come sinonimo di riscaldamento globale, ma in realtà genericamente esso comprenderebbe in sé anche le fasi di raffreddamento globale e la modifica dei regimi di precipitazione.

**Carbon sink:** L'UNFCCC (United Nation Framework Convention on Climate Change – Convenzione Quadro delle Nazioni Unite sui Cambiamenti Climatici) definisce carbon sink come “come qualsiasi processo, attività o meccanismo per rimuovere gas ad effetto serra, aerosol o un precursore di gas serra dall'atmosfera. Sink di carbonio (carbon sink) sono quindi attività, processi, o meccanismi di rimozione (e sequestro) di biossido di carbonio (CO<sub>2</sub>) dall'atmosfera“. La definizione di carbon sink dell'UNFCCC ben chiarifica il significato dei carbon sink letteralmente “pozzi di assorbimento di carbonio”- quale strumenti che sottraggono CO<sub>2</sub> dall'atmosfera: CO<sub>2</sub> che, lo ricordiamo, è un composto gassoso naturalmente presente in tracce in atmosfera (quale forma più ossidata del carbonio).

**CSC :** la capacità di scambio cationico (CSC) è definita come la quantità di cationi in mmol/kg che il suolo è in grado di assorbire per un determinato valore di pH. In altre parole, la CSC è una misura del numero totale di cationi scambiabili che il suolo può trattenere e, pertanto, fornisce una stima della quantità di cariche negative superficiali del suolo.

**Dark Earth dell'Amazzonia (ADE):** conosciuta in Brasile come "Terra Preta do Indio", è un terreno fertile di origine antropica, che è considerato un potenziale modello per l'agricoltura sostenibile in Amazzonia e nel resto del mondo.

**Forzante radiativo** è la misura dell'influenza di un fattore (ad esempio l'aumento dell'anidride carbonica nell'atmosfera) nell'alterazione del bilancio tra energia entrante ed energia uscente nel sistema terra-atmosfera. Esso è indice del peso di un fattore nel meccanismo dei mutamenti climatici. Un forzante positivo riscalda la superficie terrestre, uno negativo la raffredda. Esso è espresso in W m<sup>-2</sup>.

**IBI (International Biochar initiative):** Associazione a livello Internazionale nata ufficialmente nel 2008 da un gruppo di ricercatori che operavano nella ricerca del Biochar a livello Mondiale. Attualmente ha un Comitato consultivo con 28 membri. I membri parlano collettivamente diciassette lingue e provengono da dodici paesi diversi, tra cui Australia, Austria, Brasile, Canada, Cina, India, Kenya, la Mongolia, il Paraguay, Filippine, il Regno Unito, e Stati Uniti. Essi rappresentano una vasta gamma di istituzioni e organizzazioni tra cui la comunità del mondo accademico e di ricerca, le piccole imprese, grandi aziende, organizzazioni non-profit, e agricoltori.

**IPCC:** L'Intergovernmental Panel on Climate Change (Gruppo consulente intergovernativo sul mutamento climatico, IPCC) è il foro scientifico formato nel 1988 da due organismi delle Nazioni Unite, l'Organizzazione meteorologica mondiale (WMO) ed il Programma delle Nazioni Unite per l'Ambiente (UNEP) allo scopo di studiare il riscaldamento globale. Esso è organizzato in tre gruppi di lavoro:

- · il gruppo di lavoro I si occupa delle basi scientifiche dei cambiamenti climatici;
- · il gruppo di lavoro II si occupa degli impatti dei cambiamenti climatici sui sistemi naturali e umani, delle opzioni di adattamento e della loro vulnerabilità;
- · il gruppo di lavoro III si occupa della mitigazione dei cambiamenti climatici, cioè della riduzione delle emissioni di gas a effetto serra.

I "rapporti di valutazione" periodicamente diffusi dall'IPCC sono alla base di accordi mondiali quali la Convenzione quadro delle Nazioni Unite sui cambiamenti climatici e il Protocollo di Kyoto che la attua.

**Sviluppo Sostenibile:** è una forma di sviluppo (che comprende lo sviluppo economico, delle città, delle comunità eccetera) che non compromette la possibilità delle future generazioni di perdurare nello sviluppo, preservando la qualità e la quantità del patrimonio e delle riserve naturali (che sono esauribili, mentre le risorse sono considerabili come inesauribili). L'obiettivo è di mantenere uno sviluppo economico compatibile con l'equità sociale e gli ecosistemi, operante quindi in regime di equilibrio ambientale

**Tar e Syngas:** La pirolisi dei rifiuti, utilizzando temperature comprese tra 400°C e 800°C, converte il materiale dallo stato solido in prodotti liquidi (cosiddetto tar o olio di pirolisi) e/o gassosi (syngas), utilizzabili quali combustibili o quali materie prime destinate a successivi processi chimici.

**Terra Preta :** Terra Nera, è un tipo di terriccio che viene ritrovato in alcune zone del bacino del rio delle Amazzoni. Apparentemente questo terriccio è stato "fabbricato" da una civiltà precolombiana, mescolando carbonella (il biochar) con terra. Il fine era di ammendare il terreno agricolo incrementandone la produttività. Caratteristica della Terra Preta è di contenere carbonio in forma chimica durevole e dalla struttura fisica microporosa