

BIOCHAR PER “COLTIVARE” UN CLIMA MIGLIORE

I vantaggi ambientali ed economici dall'uso di carbone vegetale

L'agricoltura può giocare un ruolo fondamentale nel contrastare gli effetti del cambiamento climatico, i cui segnali si registrano anche in Emilia-Romagna con l'aumento delle temperature medie locali e l'intensificarsi di eventi estremi. Si può “coltivare un clima migliore” e in questa direzione punta il progetto europeo Geco2 (*Green economy and CO₂*), che mira a ridurre le emissioni di carbonio nell'atmosfera derivanti dall'agricoltura attraverso una migliore gestione dei suoli e dei residui delle colture. Il progetto, cui partecipa anche Arpa Emilia-Romagna, supporterà l'adozione di pratiche agricole sostenibili e rafforzerà la cooperazione tra i diversi settori – agricolo, industriale e dei servizi – con benefici sia ambientali che economici.

Tra le buone pratiche, di particolare interesse è l'uso sul suolo agricolo del *biochar*, carbone ottenuto da biomasse vegetali di scarto in

carezza di ossigeno, in una logica di economia circolare, ma non solo. Il carbonio costituente il biochar è per oltre il 90% stabile e può rimanere confinato nel suolo da centinaia a migliaia di anni. Tra gli effetti positivi sul suolo e sulle colture c'è la capacità di aumentare la ritenzione idrica, grazie alla sua elevata porosità; il suolo ammendato con *biochar* consente una maggiore disponibilità di acqua per le colture e contrasta gli effetti della siccità, con evidenti vantaggi anche sul risparmio di energia.

Per consolidare i vantaggi anche economici è necessario un quadro normativo certo e stabile sulla classificazione e sulle caratteristiche tecniche del biochar; un quadro che va delinendosi sia a livello europeo che nazionale.

Nelle pagine che seguono anche diverse esperienze, ad esempio nella coltivazione della canna e nella viticoltura. (DR)

IL BIOCHAR È IMPORTANTE PER IL SEQUESTRO DEL CARBONIO

IL PROGETTO EUROPEO GECO2, ATTRAVERSO LA COOPERAZIONE ITALIA-CROAZIA, AVVIERÀ UN SISTEMA INTERREGIONALE PER IL MONITORAGGIO DEL CAMBIAMENTO CLIMATICO, SPERIMENTARE PRATICHE DI AGRICOLTURA ECO-COMPATIBILE E LANCIARE UN NUOVO MERCATO VOLONTARIO DI CARBONIO.



FOTO: CNR-IBE

L'aumento crescente dei livelli di anidride carbonica nell'atmosfera terrestre (ormai ampiamente sopra 400 parti per milione) sta portando a un rapido aumento delle temperature globali e locali e all'intensificazione degli effetti del cambiamento climatico con cui già da anni siamo costretti a convivere. Il giugno più caldo mai registrato e le violente grandinate di inizio estate 2019 in Emilia-Romagna hanno confermato i moniti della scienza: le regioni adriatiche già affrontano le conseguenze drammatiche del riscaldamento globale. L'adozione dell'Accordo di Parigi sui cambiamenti climatici nel 2015 ha posto le basi per un piano d'azione globale volto a evitare pericolosi cambiamenti climatici, l'eliminazione graduale di CO₂ e altre emissioni di gas a effetto serra. Oltre agli sforzi internazionali per mitigare il cambiamento climatico, è necessario che le comunità di tutto il mondo intensifichino l'attuazione di politiche locali innovative per limitare le emissioni e adattare il loro sistema socioeconomico al cambiamento in atto. L'agricoltura in questo quadro può giocare un ruolo fondamentale. Bisogna "coltivare un clima migliore" per combattere il cambiamento climatico e il riscaldamento globale. In questa

cornice il progetto europeo Geco2 (*Green Economy and CO₂*) mira a rafforzare la potenziale capacità del settore agricolo della regione adriatica di ridurre le emissioni di carbonio nell'atmosfera attraverso una migliore gestione dei suoli e dei residui delle colture e a creare reddito attraverso la creazione di mercati volontari del carbonio.

Occorre "coltivare un clima migliore", il progetto Geco2

L'idea alla base di Geco2 è quella di promuovere un mercato volontario di emissioni equivalenti di anidride carbonica (CO₂e) basato sul settore agricolo. L'anidride carbonica (CO₂) è il gas serra più importante tra quelli derivanti dalle attività umane. Le statistiche dicono che ogni cittadino italiano ne genera più di 7 tonnellate all'anno. L'utilizzo dei combustibili fossili è la causa principale delle emissioni (in Italia circa l'80% del totale), ma nuove e più avanzate pratiche agricole possono controbilanciare una parte delle emissioni catturando e immagazzinando la CO₂ nei campi.

E se un agricoltore potesse misurare e monetizzare queste attività? Chi

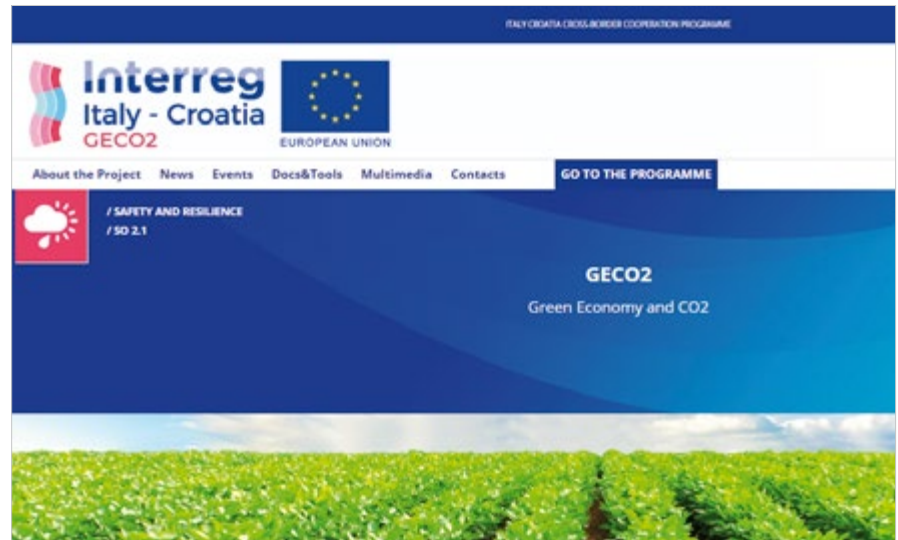
potrebbero essere i potenziali acquirenti? "Le aziende di trasformazione, ad esempio, che vogliono identificarsi sul mercato con prodotti qualificati dal punto di vista ambientale potrebbero usare l'acquisto dei crediti per compensare le proprie emissioni e dare valore aggiunto alla propria produzione", afferma il project manager Antonio Cinti. "Le comunità locali inoltre godrebbero di migliori condizioni ambientali e della disponibilità di prodotti più ecologici sia freschi che trasformati. Ci aspettiamo risultati vantaggiosi per tutti".

Il progetto Geco2 avvierà un sistema interregionale per potenziare il monitoraggio del cambiamento climatico, sperimentare pratiche di agricoltura eco-compatibile e lanciare un nuovo mercato volontario di carbonio. Le azioni di progetto, realizzate attraverso la cooperazione transfrontaliera, contribuiranno alla promozione di un uso più ecologico del territorio, alla riduzione dei rischi legati al cambiamento climatico e alla promozione di nuovi prodotti ecologicamente certificati.

Geco2 supporterà l'adozione di pratiche agricole sostenibili e rafforzerà la cooperazione tra settore agricolo, industriale e dei servizi, con benefici sia da un punto di vista economico, sia dal punto di vista ambientale.



FOTO: CNR-BCF



IL PROGETTO GECO2 ITALIA-CROAZIA

I partner di Geco2 sono Arpa Emilia-Romagna (capofila), Ciheam Bari, Regione Molise, Regione Marche, Rerasd per il coordinamento e lo sviluppo della Contea di Spalato Dalmazia, Agrra-Zara (Zara), Agenzia di sviluppo rurale della Contea di Dubrovnik Neretva e Legacoop Romagna. Il progetto è finanziato dal programma CBC Italia-Croazia, che sostiene la cooperazione tra le regioni dei due Stati membri che si affacciano sull'Adriatico, dove vivono più di 12,4 milioni di cittadini. Maggiori informazioni sul progetto sono disponibili su <https://www.italy-croatia.eu/web/geco2/>

Il carbone dalle biomasse vegetali, una risorsa per il suolo

Il comparto agricolo produce molta biomassa di risulta che raramente viene valorizzata. Trattandosi di sostanza organica questa biomassa è ricchissima di carbonio; se abbandonata o redistribuita tal quale in campo, nel giro di alcuni mesi viene trasformata dagli agenti atmosferici e dall'attività batterica, e così in parte torna velocemente in atmosfera come CO₂. Una soluzione allo smaltimento delle biomasse e a un loro impiego in un'ottica di economia circolare ci può arrivare da un'antica pratica adottata già dagli indigeni dell'Amazzonia che interravano le biomasse di scarto opportunamente trattate per migliorare le proprietà dei suoli da coltivare. Dalla combustione di materiale organico in carenza di ossigeno (processo chiamato *pirolisi*) si ottiene un carbone vegetale o carbonella (chiamato in inglese *char* o *charcoal*) che può avere diverse applicazioni (produzione di energia, produzione di filtri e ammendante agricolo ad esempio). Solo se impiegato nel suolo esso è chiamato "biochar". La produzione di carbonella vegetale avviene attraverso diverse tecniche. La pirolisi lenta per esempio è un processo che trasforma biomasse

dall'elevato quantitativo di carbonio che vanno esposte a temperature indicativamente tra i 300 °C e i 900 °C in ambiente con scarso contenuto di ossigeno, il che comporta una parziale ossidazione del carbonio. Questo procedimento produce una componente gassosa (gas di sintesi combustibile), una componente liquida (olio, catrame) e un residuo solido. In base alla matrice di partenza, alla temperatura e alla durata di processo queste componenti possono variare. Il residuo solido è il *char*. Esistono altre due tecniche di produzione, cioè la gassificazione, che avviene ad alte temperature ed è finalizzata a ottimizzare la produzione di energia, e la carbogenesi (o processo Htc, *hydrothermal carbonization*) che avviene a partire da biomasse umide tenute in pressione a una temperatura compresa tra i 180 °C e i 300 °C.

Da un punto di vista ambientale i vantaggi dell'impiego di biochar sono evidenti. Infatti il carbonio costituente il biochar è in buona parte (oltre il 90%) recalcitrante e può rimanere confinato nel suolo da centinaia a migliaia di anni. Dal punto di vista agronomico ci sono diverse indicazioni sull'effetto che ha il biochar sul suolo e sulle colture. Se in ambiente tropicale si ha sempre un deciso aumento della produzione, in ambienti

temperati la risposta è molto variegata ma comunque raramente negativa. Ciò che possiamo sicuramente affermare è che grazie all'elevata porosità del biochar, il suolo ammendato aumenta la ritenzione idrica, permettendo una maggiore disponibilità di acqua e evitando gli effetti nefasti della siccità su colture seccagne diminuendone le esigenze idriche. Inoltre il biochar, grazie alle proprietà adsorbenti, aiuta a contenere la lisciviazione dei nutrienti lasciandoli quindi disponibili all'apparato radicale delle colture. Da notare che irrigazione e fertilizzazione divorano circa il 30% dell'energia necessaria alla produzione, quindi il biochar permette un ulteriore risparmio di emissioni quantificabile.

Affinché trovi successo sul mercato bisogna però che il biochar sia prodotto da biomasse di risulta per contenere il suo costo di produzione, e che si stabiliscano meccanismi di scambi di crediti di carbonio che coinvolgano il settore agricolo come quelli che il progetto Geco2 si prefigge di creare.

Antonio Volta, Giulia Villani, Vittorio Marletto, Antonio Cinti

Arpa Emilia-Romagna

LA NORMATIVA SUL BIOCHAR E LE PROSPETTIVE D'USO

NEL 2015 IL BIOCHAR È STATO UFFICIALMENTE INCLUSO TRA GLI AMMENDANTI AMMESSI IN AGRICOLTURA. LA DEFINIZIONE DI BIOCHAR INCLUDE I MATERIALI OTTENUTI DALLA CARBONIFICAZIONE DI PRODOTTI E RESIDUI VERGINI DI ORIGINE VEGETALE PROVENIENTI DALL'AGRICOLTURA E DALLA SILVICOLTURA, ESCLUDENDO DI FATTO I RIFIUTI.

L'Associazione italiana biochar Ichar, fondata nel 2009, con sede a Firenze, è un'associazione senza scopo di lucro che ha la finalità di promuovere soluzioni, tecnologie, studi avanzati, attività dimostrative e progetti educativi legati alla produzione e all'uso del biochar nel suolo per il miglioramento della fertilità dei terreni e il beneficio ambientale dovuto al sequestro di anidride carbonica. L'associazione è aperta alla partecipazione da parte di ricercatori, produttori di biochar, consulenti, pubbliche amministrazioni, agricoltori, imprenditori, nonché semplici appassionati.

Nel 2012 Ichar - considerato il vuoto normativo in cui fino ad allora gli attori del biochar si erano mossi e consapevole che l'affermazione di tale prodotto non potesse prescindere dal suo riconoscimento legislativo - ha presentato al ministero delle Politiche agricole, alimentari e forestali (Mipaaf) un'istanza per l'inserimento della matrice in qualità di ammendante nella legislazione italiana (decreto legislativo 29 aprile 2010 n. 75, *Riordino e revisione della disciplina in materia di fertilizzanti, a norma dell'articolo 13 della legge 7 luglio 2009, n. 88*).

La domanda ministeriale è stata l'ultimo atto di un'attiva fase di discussione e condivisione interna all'associazione, che ha permesso di definire le modalità di produzione del biochar e le materie prime di origine utilizzabili, nonché i parametri qualitativi e le proprietà minime per classificarlo.

Nell'agosto del 2015 con decreto ministeriale 22 giugno 2015, pubblicato sulla Gazzetta ufficiale n. 186 del 12 agosto dello stesso anno, il *biochar* è stato ufficialmente incluso tra gli ammendanti ammessi in agricoltura (Dlgs 75/10, allegato 2, numero d'ordine 16).

La definizione di biochar adottata a livello legislativo include i materiali ottenuti dalla carbonificazione di soli prodotti e residui vergini di origine



FOTO: WWW.ICHAR.ORG

vegetale provenienti dall'agricoltura e dalla silvicoltura, escludendo di fatto i rifiuti e qualsiasi materia organica di origine animale. Inoltre, sono stati posti limiti stringenti su metalli pesanti (comunque già in essere per tutti gli ammendanti a norma di legge), idrocarburi policiclici aromatici (Ipa), policlorobifenili (Pcb) e diossine, nonché la necessità di testare l'eventuale fitotossicità del biochar attraverso uno specifico biosaggio. Tale logica sottende a un approccio estremamente cautelativo e conservativo nei confronti della salute del suolo, estromettendo matrici possibili apportatrici di inquinanti e sostanze indesiderate.

Nel dicembre del 2018 Ichar, rispondendo a una richiesta interna di ampliamento delle possibilità di impiego del biochar in agricoltura, presenta al Mipaaf un'ulteriore istanza per l'inclusione del prodotto tra i materiali componenti dei substrati di coltivazione (Dlgs 75/10, allegato 4). Quello della coltivazione in vaso, del fuori suolo, delle terre tecniche e dei tetti verdi è infatti un settore di particolare interesse per il biochar, materiale apprezzato oltre che per la stabilità, per l'elevata porosità e

capacità di ritenzione idrica, nonché leggerezza. La domanda, ancora in fase di valutazione da parte dei competenti organi ministeriali, prevede anche l'introduzione di alcune precisazioni sulle specifiche di legge già iscritte in allegato 2 (*tabella 1*).

Le novità della normativa europea

Indipendentemente dal percorso legislativo nazionale, il biochar dovrà confrontarsi nei prossimi anni con il nuovo regolamento europeo sui fertilizzanti, regolamento (Ue) 2019/1009 del Parlamento europeo e del Consiglio del 5 giugno 2019, che stabilisce norme relative alla messa a disposizione sul mercato di prodotti fertilizzanti dell'Ue, che modifica i regolamenti (CE) n. 1069/2009 e (CE) n. 1107/2009 e che abroga il regolamento (CE) n. 2003/2003.

Il nuovo testo è entrato in vigore il 15 luglio 2019, ma sarà applicato solo a partire dal prossimo 16 luglio 2022, giorno in cui cesserà di valere l'attuale regolamento CE 2003/2003 che norma esclusivamente i concimi minerali.

TAB. 1
BIOCHAR, NORME

Caratteristiche del biochar per essere usato come ammendate (Dlgs 75/10, allegato 2).

| N. | Denominazione del tipo | Modo preparaz. e componenti essenziali | Titolo minimo in elementi e/o sostanze utili | Altre indicazioni di denomin. del tipo | Elementi o sostanze utili il cui titolo deve essere dichiarato | Note |
|----|---|---|--|--|--|---|
| 16 | Biochar da pirolisi o da gassificazione | Processo di carbonizzazione di prodotti e residui di origine vegetale provenienti dall'agricoltura e dalla silvicoltura, oltre che da sanse di oliva, vinacce, cruscamì, noccioli e gusci di frutta, cascami non trattati della lavorazione del legno, in quanto sottoprodotti delle attività commesse. Il processo di carbonizzazione è la perdita di idrogeno, ossigeno e azoto da parte della materia organica a seguito di applicazione di calore in assenza, o ridotta presenza, dell'agente ossidante, tipicamente l'ossigeno. A tale decomposizione termochimica è dato il nome di pirolisi o piroscissione. La gassificazione prevede un ulteriore processo ossido-riduttivo a carico del carbone prodotto da pirolisi. | C tot di origine biologica ^(*) % s.s. ≥ 20 Conducibilità elettrica (salinità) mS/m ≤ 1000 ^(*) pH _{H2O} 4-12 Umidità % ≥ 20 per prodotti polverulenti (*) Generi % s.s. ≤ 60 H/C (molare) ^(*) ≤ 0,7 | Occorre dichiarare il tipo di processo di produzione impiegato (pirolisi o gassificazione) e le tipologie di biomasse utilizzate (es. pirolisi di legno di conifere) | Umidità % C tot di origine biologica % s.s. Generi % s.s. pH Conducibilità elettrica (salinità) mS/m Rapporto H:C (molare) Granulometria (passante mm 0,5-2-5) azoto tot % s.s. potassio tot % s.s. fosforo tot % s.s. calcio tot % s.s. magnesio tot % s.s. sodio tot % s.s. % C da carbonato max ritenzione idrica % m/m | ^(*) sottratto il C da carbonati ^(*) per utilizzo quale componente dei substrati di coltivazione (allegato 4) ≤ 1000 ^(*) dato comunque da dichiarare. Per prodotto polverulento si intende, in questa sede, un prodotto nel quale la frazione < 2 mm risulta > del 50% ^(*) indice di stabilità del carbonio. Per il calcolo si deve utilizzare il dato del parametro C tot di origine biologica Sono inoltre fissati i seguenti parametri chimico-biologici: - test di fitotossicità / accrescimento (UNI EN 16086-1:2012) - prova di crescita in vaso con orzo primaverile: l'inibizione alla germinazione e/o alla crescita (con dose di utilizzo del prodotto del 25%) deve essere inferiore al 25% - IPA < 6 mg/kg s.s. - PCB < 0,5 mg/kg s.s. - Diossine < 9 ng I-TEQ/kg |

Il nuovo impianto legislativo sarà valido per chi vuole immettere sul mercato europeo i propri prodotti con marchio CE. In Italia resta al momento in vigore la normativa nazionale (Dlgs 75/2010) con cui sono obbligati a confrontarsi, fino a futura revisione, tutti i fabbricanti che immettono prodotti fertilizzanti sul territorio nazionale.

Il nuovo regolamento europeo classifica i fertilizzanti in sette diverse categorie funzionali di prodotto (PFC, allegato I):

- concimi
- correttivi
- ammendanti
- substrati di coltivazione
- inibitori
- biostimolanti
- miscele di prodotti fertilizzanti.

Per la preparazione di questi ultimi si potranno utilizzare solo specifici materiali costituenti (CMC, allegato II) raggruppati a oggi in undici categorie, fra le quali sostanze e miscele di materiale grezzo, piante, compost, digestati, sottoprodotti, microrganismi, polimeri. Il biochar non figura al momento nell'elenco dei materiali costituenti per la produzione dei fertilizzanti, ma è citato nel nuovo testo, unitamente ad altri materiali, come matrice per cui, in virtù della richiesta di mercato, la Commissione adotterà immediatamente modalità di valutazione ("... senza indebito ritardo dopo il 15 luglio 2019"), che, se positiva, ne produrrà l'inclusione in allegato II.

Stante quanto sopra, il biochar, su cui opera uno specifico gruppo di lavoro tecnico a livello europeo (StrubiasTWG), dovrebbe rientrare entro il 2021 come nuovo materiale costituente (CMC), ma

non sono ancora chiari alcuni aspetti fondamentali quali la definizione del prodotto (la parola *biochar* sarebbe stralciata a favore della più anonima locuzione "materiali da pirolisi e gassificazione"), i processi di produzione ammessi, le materie prime di origine (assai probabilmente ampliate a matrici di origine animale), i parametri di qualità, nonché i limiti su di essi imposti.

Il compito dell'associazione, a seguito dell'inclusione del biochar nel nuovo regolamento europeo, dovrà essere quello di tentare di incidere nella maniera il più possibile fattiva sui competenti organi europei e nazionali per rivendicare la posizione del biochar italiano, un prodotto con requisiti di qualità già sanciti e applicati.

Una buona notizia è intanto pervenuta nel dicembre del 2019 con il riconoscimento, anch'esso a seguito di una complicata vertenza, della possibilità di impiego del biochar in agricoltura biologica, ciò a seguito della pubblicazione sulla Gazzetta ufficiale dell'Unione europea del regolamento esecutivo (UE) 2019/2164 che integra gli allegati del Reg CE 889/08 relativo alla *produzione biologica*.

Il biochar è stato, infatti, inserito nell'elenco dei fertilizzanti utilizzabili in agricoltura biologica insieme ai gusci di molluschi, ai gusci d'uovo e agli acidi umici e fulvici.

Tale inclusione, che rappresenta un fondamentale passo per l'affermazione del biochar nell'agricoltura italiana, è un riconoscimento all'azione dell'Associazione italiana biochar (Ichar) poiché, a differenza di quanto prospettato nell'ambito del nuovo



FOTO: WWW.ICHAR.ORG

Regolamento europeo sui fertilizzanti, il gruppo di esperti specializzati nell'offrire consulenza in materia di produzione biologica (*Expert Group for Technical advice on Organic Farming*), chiamato a esprimere un parere sulla compatibilità del materiale, ha inteso il biochar come il prodotto esclusivo della pirolisi di soli materiali vegetali non trattati o trattati con prodotti ammessi; inoltre è stato attribuito un limite massimo di idrocarburi policiclici aromatici (Ipa) pari a 4 mg per kg di sostanza secca, in linea con il limite della legislazione italiana (6 mg/kg), spesso considerata eccessivamente restrittiva in ambito internazionale.

Alessandro Pozzi¹, Massimo Valagussa²

1. Presidente Associazione italiana biochar Ichar (Firenze)
Enerion Renewables (Como)
2. Consigliere Ichar (Firenze)
Mac, Minoprio analisi e certificazioni,
(Vertemate con Minoprio, CO)

UN ALLEATO PER COMBATTERE IL CAMBIAMENTO DEL CLIMA

IL BIOCHAR PUÒ ESSERE UN VALIDO ALLEATO PER CONTRASTARE GLI EFFETTI DEL CAMBIAMENTO DEL CLIMA IN AGRICOLTURA. PER IMMOBILIZZARE RAPIDAMENTE E IN MODO PERMANENTE GROSSE QUANTITÀ DI CO₂ ATTRAVERSO L'INTERRAMENTO DI BIOCHAR, È NECESSARIO UTILIZZARE PROCESSI DI DECOMPOSIZIONE CONTROLLATI.

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 CO₂, metano (CH₄) e protossido di azoto (N₂O) sono notevolmente aumentate come risultato dell'attività umana dai valori pre-industriali (1800); per esempio, la concentrazione di CO₂ è cresciuta da un valore pre-industriale di circa 280 ppm (parti per milione) a un valore di 419 ppm nel 2019. 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, si mettono in evidenza le pratiche di fissazione di carbonio nel suolo. Il suolo è una riserva dinamica di carbonio (*carbon sink*) capace di trattenere in forma organica notevoli quantità di questo elemento; il carbonio contenuto nel suolo è superiore a 1500 giga tonnellate (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.



FOTO: CNR-IBE

1

Cosa ci insegnano le terre nere dell'Amazzonia

Un metodo per aumentare la stabilità del carbonio stoccato nel suolo prende spunto da antichi terreni dell'America del Sud. Nell'Amazzonia brasiliana sono stati, infatti, scoperti numerosi siti dove il suolo presenta caratteristiche assolutamente diverse dai terreni adiacenti, nonostante mineralogia e tessitura siano le stesse. Al contrario dei suoli fortemente alterati - tipici della foresta amazzonica (soprattutto Ferralsol e Acrisol), di colore rosso, poco fertili perché ricchi in caolinite, dal pH acido e ricchi in alluminio - i suoli denominati *Terra Preta do Indios* hanno un colore nero, un pH alcalino, ospitano microrganismi endemici e sono particolarmente fertili. Sono caratterizzati da un alto contenuto in materiale carbonioso (oltre 70 volte più dei suoli circostanti e fino a una profondità di 40-80 cm), prodotto dalla combustione incompleta di parti vegetali (probabilmente resti di fuochi

per cucinare il cibo) e introdotto volontariamente nel terreno dalle popolazioni locali in migliaia di anni (Glaser et al., 2004; Erikson et al., 2003). Le terre nere dell'Amazzonia hanno un alto contenuto di nutrienti e di sostanza organica stabile, e presentano un'elevata capacità di scambio cationico. Secondo Glaser et al., (2001) la frazione carboniosa deve la sua stabilità chimica e microbiologica alla sua complessa struttura policiclica aromatica ed è in grado di persistere nell'ambiente per secoli. In questo modo, il carbone interrato dagli indios amazzonici per incrementare le proprie colture diventa un fattore chiave per la sostenibilità e la fertilità del suolo delle aree umide tropicali, ma rappresenta anche, per l'elevata recalcitranza della sua struttura aromatica, un *sink* ideale per immobilizzare il carbonio e diminuirne le emissioni in atmosfera (Kuhlbusch et al., 1996). La carbonificazione di biomasse e l'interramento nei suoli agricoli del biochar potrebbe rappresentare una nuova tecnica per gestire i residui vegetali, alternativa alla combustione (che

1 Suolo trattato con biochar e suolo di controllo.

2 Distribuzione di biochar in un vigneto.



FOTO: CNR-IBE

2

produce immediatamente grosse quantità di CO₂, all'abbandono in superficie o all'interramento dei residui secchi e anche al compostaggio, da cui si origina *humus* stabile destinato però alla progressiva decomposizione nel giro di alcuni anni.

Il "sequestro" di CO₂ nel suolo con il biochar

Per immobilizzare rapidamente e permanentemente grosse quantità di anidride carbonica attraverso l'interramento di biochar, è necessario utilizzare processi controllati che consentano di trasformare le biomasse in biochar con un alto rendimento come i processi industriali di pirolisi dove avviene la decomposizione termochimica di materiali organici mediante l'applicazione di calore in assenza di agenti ossidanti (O₂). Reazioni radicaliche di *cracking*, a temperature di 400 °C-800 °C, causano la scissione dei legami delle molecole di partenza, e il riasssemblamento successivo e originano, in quantità variabili secondo le condizioni di reazione e della durata del trattamento, un residuo carbonioso solido (*char*), un liquido nero viscoso (*tar*) e una miscela gassosa composta sostanzialmente da CO e H₂ (*syngas*).

Il processo è esotermico, cioè dopo l'apporto di calore iniziale si autosostiene, e porta alla formazione di quantità minime di anidride carbonica. Le tecniche più comuni di *fast* e *flash* pirolisi utilizzano tempi di residenza inferiori ai due secondi e temperature comprese tra i 350 e i 500 °C.

Come evidenziato da Gundale e De Luca (2006), Harris et al., (2007), la temperatura di pirolisi e il tipo di materiale usato determinano la formazione di biochar con caratteristiche diverse, tra cui, fra quelle d'interesse agronomico, differenze nelle concentrazioni di nutrienti, nella *capacità di scambio cationico* (Csc) e nel pH.

Il biochar può essere ottenuto da svariati tipi di residui: stocchi di mais, gusci di noce arachide, lavorazione delle olive, pula di riso, scarti di potatura e di lavorazione del legno. In questo modo, la carbonificazione è una tecnologia a bilancio negativo del carbonio (*carbon-negative*) in quanto solo metà del carbonio assorbito dalla biomassa è reimmesso in atmosfera, mentre la parte rimanente è immobilizzata nel suolo e ha un'altissima stabilità. La produzione di energia dalla pirolisi di biomasse e l'interramento del biochar prodotto, rappresenta forse l'unica tecnica a bilancio negativo del carbonio; inoltre il riutilizzo dei residui anziché la

coltivazione di piante a rapida crescita per la produzione di biochar ed energia, eviterebbero la competizione con la produzione di derrate alimentari.

Nel 2009 in Italia nasce l'Associazione italiana biochar (Ichar), soggetto no-profit, che ha lo scopo di promuovere soluzioni, tecnologie, studi avanzati, attività dimostrative e progetti educativi legati alla produzione e all'uso del biochar per il sequestro di CO₂ atmosferica nel suolo e per il miglioramento della fertilità dei terreni agricoli.

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 sulla Gazzetta ufficiale, Serie generale n° 186 del 12-8-2015.

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

Silvia Baronti, Giuseppe Mario Lanini, Anita Maienza, Francesco Primo Vaccari

Istituto per la bioeconomia, Consiglio nazionale delle ricerche (Ibe-Cnr)

RINGRAZIAMENTI

Le attività dimostrative e di ricerca di questo lavoro sono state realizzate anche nell'ambito del Programma regionale di sviluppo rurale 2014-2020 della Regione Emilia-Romagna, Tipo di operazione 16.1.01 - Gruppi operativi del partenariato europeo per l'innovazione: "produttività e sostenibilità dell'agricoltura" - Focus Area 5C - Progetto *Riutilizzo di biomasse residuali per uso energetico, agronomico e in stalla*.

RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

Glaser B., Haumaier L., Guggenberger G., Zech W., 2001. *The 'Terra Preta' phenomenon: a model for sustainable agriculture in the humid tropics*. *Naturwissenschaften* 88: 37-41

Gundale M. J., De Luca T. H., 2006. *Temperature and source material influence ecological attributes of ponderosa pine and Douglas-fir charcoal*. *Forest Ecology and Management* 231 (2006) 86-93.

Harris K., Gaskin J., Sonon L., Das K.C., 2007b. *Characterization of Pyrolysis Char for Use as an Agricultural Soil Amendment*, unpublished.

Kuhlbusch T. A. J., Andreae M. O., Cachier H., Goldammer J. G., Lacaux J. P., Shea R. C., Crutzen P. J., 1996. *Black carbon formation by savanna fires: measurements and implications for the global carbon cycle*. *J Geophys Res* 101:23651-23665.

BIOCHAR E COLTURA DELLA CANNA COMUNE

L'APPLICAZIONE DI BIOCHAR NELLA COLTURA DELLA CANNA COMUNE PUÒ ESSERE VISTA COME UN'OPPORTUNITÀ DI SEQUESTRO DEL CARBONIO, CHE CONSENTE DI EVITARE ANCHE L'INGRESSO DI SOSTANZE TOSSICHE NELLE CATENE ALIMENTARI. I RISULTATI DI UNA PROVA AGRONOMICA IN UNA AZIENDA SPERIMENTALE DEL CREA DI ANZOLA DELL'EMILIA (BO).

Il biochar è un materiale costituito da una serie di sostanze carboniose, caratterizzato da tessitura fine e da elevata superficie specifica, ottenuto attraverso pirolisi di biomasse vegetali in condizioni controllate di temperatura e di carenza di ossigeno (Lal et al., 2016). Un aspetto peculiare della struttura del biochar è la presenza di carbonio recalcitrante, con un tempo di residenza medio dell'ordine di secoli o millenni (Lehmann, 2017). Quindi, la conversione di biomasse vegetali facilmente decomponibili, in forme di carbonio stabili come il biochar, può essere considerata come una forma efficace di sequestro del carbonio.

Oltre alla stabilità del carbonio in esso contenuto, è stato ipotizzato che il biochar possa incrementare anche la stabilità della sostanza organica presente nel suolo in ragione della sua elevata porosità. Questo aprirebbe ulteriori prospettive alla possibilità di sequestro del carbonio, oltre i limiti che possono essere raggiunti con una normale gestione del suolo.

Accanto a questi interessanti vantaggi, tuttavia, alcuni autori hanno messo in evidenza una serie di punti critici riguardanti l'uso del biochar come ammendante dei suoli: la possibile presenza di metalli pesanti nella sua composizione, e di composti tossici derivanti dalla combustione, in particolare le diossine e gli idrocarburi policiclici aromatici. Inoltre, devono essere attentamente valutati i rischi di effetti negativi sulla fauna selvatica, per gli operatori e per le persone che vivono nelle vicinanze, tenuto conto che si tratta di applicazioni irreversibili (Kookana et al., 2011).

Nella fase di distribuzione detti rischi sono amplificati dal fatto che il biochar è un materiale polverulento,



FOTO: E. CECOTTO

facilmente disperdibile. Dal punto di vista agronomico, altri possibili inconvenienti sono rappresentati dalla disattivazione degli erbicidi legata alla elevata microporosità di questo materiale, e dall'aumento di pH e della salinità che può provocare nei terreni. Complessivamente, alcuni autori hanno messo in guardia da un uso agronomico su larga scala del biochar come ammendante dei suoli, senza che ciò sia preceduto da ponderate analisi delle conseguenze ambientali e agronomiche (Mukherjee e Lal, 2014).

L'applicazione di biochar nella coltura della canna comune

La canna comune (*Arundo donax* L.) è una coltura rizomatosa perenne che produce elevate quantità di biomassa

ligno-cellulosica utilizzabile per generare energia. Questa specie possiede una serie di caratteristiche che la rendono più adatta, rispetto ad altre colture, a ricevere applicazioni di biochar. Infatti, la canna comune:

- non produce biomassa utilizzabile nell'alimentazione umana e degli animali domestici, e rimane perciò esclusa dalle catene alimentari
- in qualità di coltura perenne sottrae il terreno alla coltivazione di altre specie a uso alimentare per molti anni, nel corso dei quali gli effetti nocivi dei composti tossici contenuti nel biochar vengono almeno in parte attenuati
- esercita una forte competizione nei confronti delle piante infestanti, e non necessita quindi di applicazioni di erbicidi che il biochar, come già indicato, tende a disattivare
- possiede una buona tolleranza nei confronti della salinità del suolo, quindi

1 Arundo biochar.

2 Arundo biochar, dettaglio.



FOTO: E. CEOTTO

2

può adattarsi a un eventuale eccesso di sali determinato dalla distribuzione di biochar.

Sulla base di dette premesse, nell'ottobre 2016 è stata avviata una prova agronomica di pieno campo di applicazione di biochar su coltura di canna comune, nell'azienda sperimentale del Crea di Anzola dell'Emilia (BO). Lo scopo di questo studio era rispondere a tre domande di ricerca:

- valutare se, e in quale misura, il biochar può incrementare la produzione di biomassa della coltura
- valutare la presenza di eventuali effetti indesiderati del biochar sulla coltura
- valutare se, nel lungo periodo, l'applicazione di biochar può promuovere l'accumulo di sostanza organica nel suolo in ragione di una maggiore microporosità.

Sono stati applicati i seguenti trattamenti: due dosi di biochar, pari a 4 e 8 kg/m², e due dosi di azoto, pari a zero (testimone non trattato) e a 25 kg di azoto/ha sotto forma di urea. Ciascun trattamento è stato applicato su quattro ripetizioni, per un totale di 16 parcelle.

Per rispondere al terzo quesito, subito prima dell'applicazione di biochar sono stati prelevati in ciascuna parcella campioni di terreno per gli strati compresi fra le profondità di 0-20 cm, 20-40 cm, 40-60 cm e 60-80 cm. Le analisi del contenuto di carbonio dei campioni hanno fornito una valutazione dello stato del terreno all'inizio dell'esperimento e potranno costituire la base per individuare eventuali variazioni del carbonio organico nel tempo,

attribuibili alla coltura oppure al biochar. Nel frattempo, i valori misurati hanno evidenziato una variabilità molto elevata nel contenuto di carbonio delle diverse porzioni di campo all'interno dello stesso appezzamento, circostanza che ha confermato l'utilità di effettuare misure ripetute nel tempo sulla stessa parcella di terreno, al fine di non essere tratti in inganno dalla possibilità di utilizzare misure effettuate in appezzamenti vicini come valori di riferimento per la propria parcella sperimentale (Ceotto, 2018).

Le analisi effettuate sul biochar applicato ne hanno indicato le seguenti caratteristiche:

- umidità 70%
- pH 9,6
- carbonio sul peso secco 80,9%
- azoto sul peso secco 0,34%.

Di conseguenza, la prima dose di biochar (40 Mg/ha) ha apportato 9,48 Mg di carbonio/ha e 39,9 kg di azoto/ha, mentre la seconda dose (80 Mg/ha) 19 Mg di carbonio/ha e 79,8 kg di azoto/ha. Dalle analisi del terreno risulta che la quantità di carbonio applicato con il biochar corrisponde mediamente a quella contenuta in uno strato di terreno dello spessore di circa 6 cm nel caso della prima dose, e di 12 cm nel caso della dose doppia. È importante sottolineare come con il biochar il carbonio possa essere applicato *hic et nunc* in modo verificabile e trasparente, e assicura un deposito di carbonio stabile per molti anni. Per contro, il carbonio organico del suolo è caratterizzato da una forte instabilità del suo contenuto nel tempo: da un lato richiede diversi anni di pratiche agronomiche appropriate per poter essere accumulato, dall'altro l'accumulo può essere dilapidato nel giro di pochi anni adottando lavorazioni non avvedute.

Nel 2017 l'applicazione di biochar nella dose 40 Mg/ha ha determinato un incremento di produzione di biomassa

aerea della coltura del 18% rispetto al testimone non trattato. Tale aumento di produzione è stato accompagnato da un incremento dell'altezza media dei culmi di 103 cm. L'effetto della dose doppia è stato più contenuto, pari a +11% di produzione rispetto al testimone, e una lieve tendenza all'incremento del numero medio dei culmi. Nel 2018, a due anni dall'applicazione del biochar, non sono state rilevate differenze tra trattamenti; l'incremento delle produzioni conseguibile con il biochar appare quindi essere modesto e transitorio. Nonostante il pH elevato e l'alta concentrazione di sali nel biochar, non sono stati osservati effetti negativi apprezzabili sulla coltura.

La valutazione degli effetti dei trattamenti sul contenuto di carbonio organico potranno essere misurati negli anni a venire.

Considerato che la canna comune è una coltura di lunga durata, presumibilmente 15-20 anni, l'applicazione di biochar su questa specie può essere vista come un'utile opportunità di sequestro del carbonio, evitando al tempo stesso che le sostanze tossiche contenute in questo materiale possano entrare nelle catene alimentari dell'uomo e degli animali.

Enrico Ceotto, Fabrizio Ginaldi, Giovanni Alessandro Cappelli, Stefano Cianchetta

Crea, Centro di ricerca agricoltura e ambiente, sede di Bologna

Per contatti: enrico.ceotto@crea.gov.it

RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

- R. Lal, M. Guo, Z. He, S.M. Uchimiya, *Biochar and Soil Carbon Sequestration*, in: *Agric. Environ. Appl. Biochar Adv. Barriers*, Soil Science Society of America, Inc., 2016: pp. 175-198. doi:10.2136/sssaspecpub63.2014.0042.5.
- J. Lehmann, *A handful of carbon*, *Nature*. 447 (2007) 143-144. doi:10.1038/447143a.
- R.S. Kookana, A.K. Sarmah, L. Van Zwielen, E. Krull, B. Singh, *Biochar Application to Soil: Agronomic and Environmental Benefits and Unintended Consequences*, *Advance in Agronomy*, 112 (2011) 103-143. doi:10.1016/B978-0-12-385538-1.00003-2.
- A. Mukherjee, R. Lal, *The biochar dilemma*, *Soil Research*. 52 (2014) 217-230. doi:10.1071/SR13359.
- E. Ceotto, *The Importance of Quantifying Soil Carbon Storage at Outset of Perennial Energy Crops: A Case Study*. Proceedings of the 26th European Biomass Conference and Exhibition EUBCE (2018)1418-1419. doi:10.5071/26thEUBCE2018-4BV.6.12, <http://www.etaflorence.it/proceedings/?detail=14957>.

ENOCHAR: LA CONSERVAZIONE DEL CARBONIO IN VITICOLTURA

IL BIOCHAR HA BISOGNO DI CERTEZZE. CON QUESTA FILOSOFIA È NATO ENOCHAR, UN PROGETTO SVILUPPATO NEL RAVENNATE. IN UN CAMPO PROVA DI LUNGO TERMINE, TRATTATO CON DIVERSI SUBSTRATI, SI MIRA A GENERARE UN'ECONOMIA CIRCOLARE IN VITICOLTURA, IN COLLABORAZIONE CON GLI ATTORI CHIAVE DELLA FILIERA.

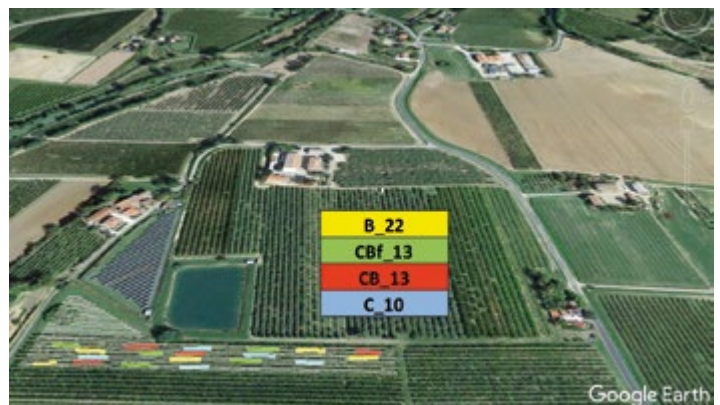
Dato il crescente interesse che il biochar ottiene come prodotto di risulta di diverse filiere di trattamento di sottoprodotti, residui – e in generale biomasse – appare necessario avviare una sperimentazione volta a confermarne gli effetti agronomici in condizioni di campo e in ambiente temperato.

Un crescente numero di lavori scientifici tratta la sperimentazione agronomica del biochar ma, generalmente, per esperimenti di breve termine o per test in vaso e con biochar molto diversificati, che portano spesso a risultati contrastanti e incerti. Il progetto Enochar intende valutare gli effetti dell'applicazione al suolo di biochar – da solo o in miscela con ammendanti prodotti da impianto di compostaggio che tratta scarti agroalimentari di origine naturale (Enomondo, Società del gruppo Caviro) –, sulla fertilità e sulle proprietà fisiche del suolo, sulla risposta vegeto-produttiva della vite in condizioni di campo nel medio-lungo termine (5-7 anni), nonché sul prodotto finale: il vino. Il programma di monitoraggio e lo studio degli effetti dell'applicazione del biochar e delle sue miscele hanno lo scopo di:

- acquisire conoscenze agronomiche specifiche per orientare le scelte degli utilizzatori finali e offrire un campo visita agli agricoltori e agli operatori della filiera viti-vinicola
 - fornire prove ed evidenze scientifiche per i decisori
 - stimolare un'economia del biochar e quindi collaborare con tutti gli stakeholder chiave coinvolti nel ciclo di vita.
- La scelta della filiera vitivinicola è legata all'importanza della viticoltura in Emilia-Romagna e alla conseguente abbondanza dei suoi residui (Greggio et al., 2019). In particolare, Enochar si pone l'obiettivo di ottenere:
- evidenze scientifiche circa l'efficacia dell'applicazione del biochar in viticoltura a medio-lungo termine
 - il *know-how* specifico circa le tecniche di produzione del biochar, le modalità e

FIG. 1
ENOCHAR

Localizzazione dell'appezzamento del nuovo vigneto utilizzato come sito test di Enochar presso Tebano e distribuzione randomizzata delle particelle ammendate.



le dosi di somministrazione in campo, nonché i metodi e macchinari per la distribuzione - la promozione della conoscenza del biochar al fine di predisporre le basi per una produzione sistematica e di qualità di biochar, partendo dai residui di potatura della vite.

Il progetto Enochar, le attività in campo

Per raggiungere questi obiettivi con il progetto Enochar si svolgono attività di campo in un nuovo impianto viticolo messo a dimora nel marzo 2019 nella stazione sperimentale del Centro ricerche produzioni vegetali (Crpv) a Tebano (RA). Il disegno sperimentale prevede il confronto tra 5 trattamenti: controllo non ammendato, solo biochar, 2 miscele biochar e ammendante e un trattamento solo ammendante. Per ciascuno dei trattamenti, sono state individuate 5 parcelle randomizzate da 15 piante ciascuna per una estensione totale di circa 40 m² (2,6 m x 15 m).

Lungo la fila, tra due particelle trattate, è presente una parcella non trattata per evitare la contaminazione incrociata (figura 1). La distribuzione di matrici nel 2019 è avvenuta prima della messa a dimora delle barbatelle, aprendo una

piccola trincea in corrispondenza di ciascun filare. Una volta posizionate le matrici, a una profondità media di circa 25-30 cm, la trincea è stata richiusa per la messa a dimora delle barbatelle (figura 2). Così facendo le matrici sono state poste in profondità, a stretto contatto con l'apparato radicale di ogni singola pianta. Il progetto prevede una distribuzione annuale per tutte le matrici considerate, tranne che per il biochar, ai dosaggi teorici riportati in tabella 1.

Il progetto Enochar intende valutare l'effetto dei condizionamenti messi in campo sulle proprietà del suolo come la capacità di ritenzione idrica, la struttura e lavorabilità, nonché sulla risposta delle piante in termini di stato nutrizionale, produttività e proprietà organolettiche del vino prodotto. Saranno anche raccolte informazioni relative alla trasformazione del biochar nel suolo, alla sua decomposizione, al suo invecchiamento e alla stima del trasferimento di sostanza organica.

Un ulteriore aspetto di interesse incluso nel progetto è l'utilizzo del biochar come mezzo filtrante per il recupero di nutrienti da acque reflue agroindustriali. Questo biochar arricchito in fosforo e azoto viene aggiunto nelle miscele con ammendante per apportare i nutrienti estratti ai suoli, riducendo il fabbisogno di fertilizzanti chimici.

Le miscele di ammendante-biochar e il recupero di nutrienti sono stati realizzati in collaborazione con Enomondo che fornisce le matrici organiche complementari per le sperimentazioni, quali l'Ammendante compostato fanghi agroalimentari (ACFa) e con Caviro Extra Spa, che ha fornito le acque di centrifuga del digestato generato da reflui di origine agroalimentare, per le sperimentazioni di filtrazione.

Oltre alle attività sopra descritte già svolte o iniziate, di seguito sono riportate ulteriori attività di interesse per Enochar:

- sperimentazioni in laboratorio mediante test in colonna per verificare le capacità assorbenti e la ritenzione dei nutrienti dei suoli ammendati con le diverse matrici
- sperimentazioni di laboratorio per valutare i processi che si innescano dalla fase di co-maturazione di ammendante e biochar
- sviluppo e organizzazione di attività di comunicazione e disseminazione dei risultati, in particolare visite al campo sperimentale e pubblicazioni a carattere scientifico e divulgativo.

Enochar è un progetto di medio lungo termine e i risultati si renderanno disponibili nell'arco dei prossimi 5-8 anni. Si prevede di avere risultati a partire da fine 2020, sulla produzione vegetale e sulla ritenzione idrica. Nel giugno 2019, infatti, sono state messe a dimora 4 stazioni attrezzate con *data logger* e sonde di temperatura, conduttività elettrica e contenuto idrico nelle parcelle ammendate con solo biochar, in entrambe le miscele compost-ACFa e sul bianco. Questa strumentazione registra le variabili ogni 15 minuti a 2 livelli di profondità per ciascuna stazione: -15 cm e -30 cm dalla superficie. Il confronto tra queste variabili e quelle climatiche della zona, serviranno a capire come le matrici influenzano la temperatura e il contenuto idrico dei suoli trattati. Le matrici distribuite sono state campionate e caratterizzate per umidità, sostanza secca, ceneri e per macro e micro elementi, i risultati sono oggetto di una tesi di laurea in corso di svolgimento.

La piattaforma Ichar degli esperimenti di lungo termine

L'avvio di Enochar ha permesso di attivare delle importanti collaborazioni. Assieme alla Associazione italiana per il biochar Ichar (www.ichar.org), l'Università di Bologna sta avviando una mappatura dei progetti di lungo termine



FIG. 2 ENOCHAR
Attività di distribuzione delle diverse matrici, marzo 2019.

| Descrizione delle matrici | Sigla | Tempistica e lavorazione |
|--|--------|---|
| Biochar alla dose di 22 t _{ss} /ha (2,2 kg _{ss} /m ²) + 65 Unità/ha di azoto + 30% di azoto per l'iniziale adsorbimento a carico del biochar (solo il primo anno) | B_22 | Unica somministrazione accoppiata alla concimazione minerale (solo K ₂ O e P ₂ O ₅) di fondo |
| Matrici fresche del compost (sfalci e potature, fanghi agroalimentari) addizionate con biochar co-maturazione di almeno 45 gg. La miscela è costituita da 10 t _{ss} di materie prime del compost e 3 t _{ss} di biochar (13 t _{ss} /ha 1,3 kg _{ss} /m ²). | CBf_13 | Applicazioni annuali e successivo interrimento. Concimazione minerale (solo K ₂ O e P ₂ O ₅) di fondo |
| Compost (ACFa) con parametri commerciali co-maturato con biochar. La percentuale del biochar nella miscela è il 33% delle matrici del compost espresse in peso secco e cioè 10 t _{ss} di materie prime del compost e 3 t _{ss} di biochar (13 t _{ss} /ha 1,3 kg _{ss} /m ²). | CB_13 | Applicazione annuale e successivo interrimento. Concimazione minerale (solo K ₂ O e P ₂ O ₅) di fondo |
| Solo compost (ACFa) a una dose di 10 t _{ss} /ha (1 kg _{ss} /m ²). | C_10 | Applicazione annuale e successivo interrimento |
| Gestione aziendale (Farm Management) Controllo non ammendato, solo concimazione minerale di fondo. | FM | Concimazione minerale di fondo |

TAB. 1 ENOCHAR
Descrizione delle matrici del progetto.

Rif. Greggio N. et al. (2019). "Theoretical and unused potential for residual biomasses in the Emilia-Romagna Region (Italy) through a revised and portable framework for their categorization", *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 112, 590-606.

per lo studio degli effetti agronomici e ambientali del biochar in agricoltura. Il proposito è quello di raccogliere e gestire le conoscenze acquisite, mostrare quali effetti si producono in diverse condizioni, promuovere lo scambio delle informazioni e progettare le prossime iniziative.

Nicolas Greggio¹, Carlotta Carlini¹, Alessandro Buscaroli¹, Denis Zannoni¹, Antonio Primante¹, Diego Marazza¹, Giovambattista Sorrenti², Gianluca Allegro², Ilaria Filippetti²,

Moreno Toselli², Alessandro Rombolà³, Daniele Fabbri³, Ivano Vassura⁴, Giovanni Nigro⁵, Paola Tessarin⁵, Rosa Prati⁶, Silvia Buzzi⁶

1. Centro interdipartimentale di ricerca per le Scienze ambientali, Università di Bologna
2. Dipartimento di Scienze e tecnologie agro-alimentari, Università di Bologna
3. Dipartimento di Chimica "Giacomo Ciamician", Università di Bologna
4. Dipartimento di Chimica industriale "Toso Montanari", Università di Bologna
5. Crpv, Faenza (RA)
6. Caviro sca e Caviro Extra, Faenza (RA)

CALORE E BIOCHAR DAGLI SCARTI DI VITICOLTURA

CRPV E UNIVERSITÀ DI MODENA E REGGIO EMILIA HANNO TESTATO MICRO IMPIANTI DI GASSIFICAZIONE DI PICCOLA SCALA ALIMENTATI A PELLETTI DI SARMENTI DI VITE. QUESTO PERMETTE LA PRODUZIONE DI ENERGIA TERMICA, CON LA PRODUZIONE DI BIOCHAR COME SCARTO, DA REIMPIEGARE NEI TERRENI COME SISTEMA PER IL SEQUESTRO DEL CARBONIO.

In questo periodo, girando nelle nostre campagne è possibile vedere i contadini impegnati nella potatura stagionale dei vigneti. Questa operazione è di fondamentale importanza per garantire una produzione stabile e abbondante di grappoli di uva nell'anno. Vi è però un'altra faccia della medaglia, meno nota e meno virtuosa. La potatura produce ogni anno ingenti quantitativi di sarmenti di vite che, a oggi, non hanno una filiera ben definita per lo smaltimento. Le problematiche che hanno, negli anni, impedito di trovare un sistema di smaltimento ad alto valore aggiunto sono varie: i quantitativi prodotti sono sufficientemente elevati per generare un problema, ma non sufficienti a giustificare costose soluzioni da applicare a una singola azienda agricola; i sarmenti sono potati a macchina e parzialmente a mano, lasciati poi in campo. Questo impone l'adozione di macchinari e di processi non presenti nella routine del viticoltore per poterli raccogliere.

I sarmenti di vite si presentano come un combustibile di difficile movimentazione in coclee, nastri e valvole: questo deriva dalla natura di arbusto rampicante propria della *Vitis vinifera*. Le soluzioni a oggi impiegate sono principalmente due: trinciatura o combustione in campo. Il primo processo introduce la pericolosità della proliferazione di patogeni nel materiale trinciato; la seconda opzione, spesso vista attuare nelle nostre campagne, produce combustioni non controllate che introducono in atmosfera ingenti quantitativi di polveri e composti organici volatili. A tal proposito si è espresso il legislatore con il decreto legge n. 91 del 24 giugno 2014: la bruciatura in campo di questo tipo di residui viene regolamentata in questo modo: *“di tale materiale è consentita la combustione in piccoli cumuli e in quantità giornaliere non superiori a tre metri steri (equivalenti a tre metri cubi di materiale, comprensivi dei vuoti) per ettaro nelle aree, periodi e orari individuati con*

apposita ordinanza del Sindaco competente per territorio”.

Il Crpv (Centro ricerche produzioni vegetali), in collaborazione con il Bio Energy Efficiency Laboratory del dipartimento di Ingegneria “Enzo Ferrari” dell'Università di Modena e Reggio Emilia, ha messo a punto una soluzione alternativa.

Si è validato l'utilizzo di micro impianti di gassificazione di piccola scala per la produzione in loco di energia elettrica, termica e biochar alimentati a pellet di sarmenti di vite.

Si è testata una filiera basata sulla produzione di balle di sarmenti, seccate naturalmente in aria e poi macinate per la produzione di pellet. Il peso del pellet in uscita dalla pellettatrice è pari a circa un terzo del peso delle balle umide introdotte nel sistema. Si può stimare la resa di circa 1 tonnellata di pellet per ettaro coltivato. Il pellet così prodotto diviene combustibile per un micro-gassificatore PP30 prodotto dall'azienda californiana



All Power Labs. Questi sistemi sfruttano un processo di piro-gassificazione per convertire il combustibile legnoso in un gas che alimenta un gruppo motogeneratore. L'impiego di gassificatori fornisce un nuovo mercato alla filiera del pellet industriale, a oggi vietato in piccoli impianti a favore di pellet di qualità A1. Il gassificatore, così alimentato è stato testato ininterrottamente per settimane, al fine di individuare le reali performance della macchina se impiegata all'interno della filiera vitivinicola. La potenza massima è di 25 kW elettrici, con un consumo di circa 1,1 kg di pellet per kWh elettrico prodotto. La potenza può essere parzializzata fino a un minimo di 3-5 kW. Il sistema è pensato per la produzione di energia termica, in quantità doppia rispetto a quella elettrica. Questa potrà essere usata all'interno dell'azienda agricola integrando il circuito Chp (*combined heat and power*) con il sistema esistente di acqua calda sanitaria.

Infine, i reattori di gassificazione producono, come materiale di scarto il biochar, un carbone ad altissima porosità (fino a 300 m²/g) che può essere reimpiegato nei terreni come sistema per il sequestro del carbonio. Il carbonio di cui è fatto il char originariamente era dei sarmenti e prima ancora era in atmosfera. La pianta lo ha infatti sfruttato per produrre il legno di cui è composta. In questo modo, impiegando gassificatori e riutilizzando il char possiamo "pompare" carbonio dall'atmosfera ai terreni, invertendo il cambiamento climatico. Il biochar aiuta inoltre la coltura grazie alla sua capacità di trattenere acqua e nutrienti.

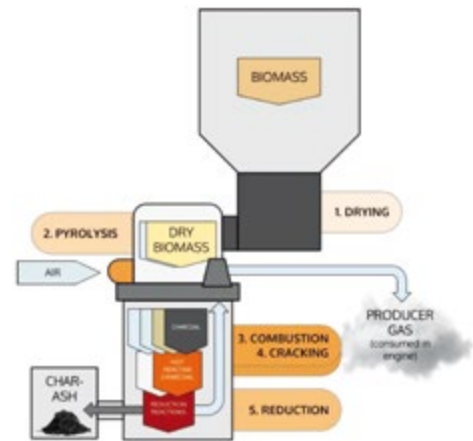
A coronare lo studio si è impostata un'analisi economica, che preveda un uso dell'impianto PP30 di 8 ore al giorno, 5 giorni a settimana e 45 settimane l'anno, per un totale di 1.800 ore annue. Questo scenario prevede che l'energia elettrica generata alimenti, in buona parte, la pellettatrice, la quale produce una quantità di pellets quadrupla rispetto a quanto necessario ad alimentare il gassificatore. Il calore viene usato per la cogenerazione e il pellet in eccesso venduto come combustibile di media qualità ideale per caldaie industriali. In



2



3



queste condizioni, il ritorno economico dell'investimento si posiziona tra il quinto e il sesto anno, a fronte di un costo totale di circa 150.000 euro.

Ulteriori studi stanno mostrando impieghi più sofisticati del char. In esso viene infatti immobilizzato il rame presente nei sarmenti a seguito dei trattamenti. Questo significa che la gassificazione permette di trattenere il rame nella fase solida e non di disperderlo nei gas prodotti. La stessa cosa non può essere detta per il caso *competitor* di combustione diretta in campo. Adottando questo sistema si può ipotizzare di recuperare il rame grazie a un lavaggio "acido" del char e a una deposizione del rame in soluzione.

Questo studio ha dimostrato come si possano generare filiere virtuose che permettano ai coltivatori diretti di avere alternative valide alle pratiche di combustione e diretta in campo. Un ruolo fondamentale e accentratore in futuro potrebbero averlo le cantine e i consorzi, che se si proponessero per il conferimento dei sarmenti potrebbero



4

ambire a impiegare logiche di scala, adottando impianti più grandi e aumentando il margine di guadagno sul kg di sarmento processato. Potrebbero infine restituire ai coltivatori il biochar da spandere nei vigneti, aumentando la resilienza del nostro sistema agricolo allo stress idrico che si presenta in modo sempre più severo negli ultimi anni.

Simone Pedrazzi, Giulio Allesina

Dipartimento di Ingegneria Enzo Ferrari, Università di Modena e Reggio Emilia

- 1 Ordinamento sarmenti e raccolta tramite rotoimballatrice.
- 2 Pellettatrice.
- 3 Gassificatore Apl PP30 e relativo schema di funzionamento.
- 4 Biochar.

PIRODISERBO E BIOCHAR: UN CONNUBIO POSSIBILE?

TAPYRO SI PROPONE COME UNA TECNOLOGIA ALTERNATIVA AD ATTREZZATURE PER IL PIRODISERBO E LA PIRODISINFEZIONE ALIMENTATE A COMBUSTIBILI FOSSILI. L'IMPIEGO DI BIOMASSE SOLIDE E DEL BIOCHAR PRODUCIBILE CONSENTE DI RIDURRE LE EMISSIONI DI GAS SERRA E INQUINANTI E I COSTI OPERATIVI, OLTRE A MIGLIORARE LA SICUREZZA.

Oggi le tecniche di diserbo maggiormente diffuse, sia in agricoltura che nella gestione di aree verdi, prevedono l'utilizzo di sostanze chimiche come il glifosato, vietato in agricoltura biologica e messo in discussione in Unione europea: nel 2015 l'Agenzia internazionale per la ricerca sul cancro (Iarc) ha inserito il glifosato nella lista delle sostanze "probabilmente cancerogene", in un contesto che oggi vede la Iarc in contrapposizione rispetto non solo all'Efsa (Autorità europea per la sicurezza alimentare), ma anche ad istituzioni internazionali come l'Epa (*Environmental Protection Agency* degli Usa) e l'Oms (Organizzazione mondiale della sanità), le quali sostengono posizioni scientifiche che indicano il glifosato come sostanza sicura. A parte gli effetti sulla salute umana, vi sono però altre criticità messe in luce da parte della comunità scientifica [1, 2, 3].

In tale contesto, appare evidente la necessità di individuare e sviluppare soluzioni alternative ecocompatibili per garantire l'attuale produttività in agricoltura e proteggere l'ambiente. Fra le tecniche *chemical-free* consolidate, risulta promettente il pirodiserbo o diserbo termico, soprattutto in applicazioni e trattamenti relativi a colture a elevata Plv (produzione lorda vendibile), quali ad esempio il vigneto oppure l'asparago: si tratta di tecnologie però basate sull'impiego di combustibili fossili (nella maggior parte dei casi Gpl compresso

in bombole). Questa tecnica di diserbo consiste nel trasferire alle erbe spontanee il calore prodotto dalla combustione del combustibile impiegato [4, 5]; le erbe vengono eliminate mediante termolisi di parti della pianta: al di sopra di una temperatura di 60 °C l'acqua presente nelle cellule vegetali si espande causando la rottura delle cellule; ciò avviene mediamente in meno di 2 secondi. Si tratta di una tecnica non selettiva interessante anche nell'ambito di trattamenti finalizzati all'essiccamento di biomassa vegetale sul campo, oppure alla disinfezione delle superfici trattate. Nonostante l'adozione di tecnologie commerciali a Gpl per il diserbo termico sia in crescita, vi sono alcune criticità da affrontare, che dipendono dal tipo di combustibile utilizzato:

- emissioni di gas climalteranti dovuti al consumo di combustibile fossile
- costi operativi
- problemi di sicurezza, connessi allo stoccaggio e all'impiego di Gpl compresso in bombole.

Il progetto Tapyro: stato di avanzamento e sviluppi futuri

Il progetto Tapyro (*Thermochemical apparatus for thermal weeding and disinfection powered by biomass*) è finalizzato allo sviluppo e industrializzazione di una tecnologia



1

alternativa ai dispositivi commerciali di pirodiserbo e pirodisinfezione alimentati a combustibili fossili. L'effetto termico diserbante è fornito esponendo le superfici trattate al calore generato all'interno di un reattore, dove avviene la pirogassificazione di biomasse legnose. La pirogassificazione è un trattamento termico di ossidazione condotto in carenza di ossigeno: in tal modo, rispetto alla combustione, il processo può essere controllato più efficacemente, consentendo di ridurre le emissioni gassose e potenzialmente di produrre,

FIG. 1
EMISSIONI

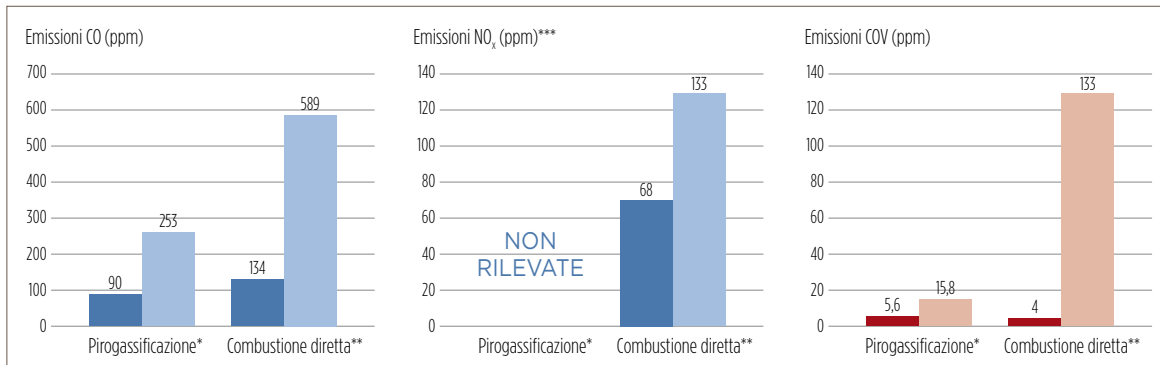
Test da banco per analisi emissioni gassose.

■ Min - ■ Max
■ Min - ■ Max

* Tapyro funzionante in modalità produzione biochar

** Emissioni tipiche di una stufa a pellet

*** Non rilevate nelle prove durante la produzione di biochar



oltre a calore utile, biochar anziché ceneri, utilizzabile come ammendante del suolo in un'ottica di economia circolare.

Il combustibile può essere infatti ottenuto da biomasse locali di scarto, come ad esempio trucioli di legno, paglie, stocchi di mais, potature, residui da silvicoltura.

La tecnologia proposta (coperta da brevetto europeo per invenzione industriale) è modulare e configurabile utilizzando moduli da 50 o 100 kW termici, in versioni portate da trattore, motorizzate o eventualmente anche in versioni condotte manualmente dall'operatore; questo sistema può essere così adattato sia per operazioni su scala ridotta, sia per applicazioni in agricoltura intensiva (colture orticole, erbacee e arboree), oppure in attività di gestione del verde urbano lungo strade o linee ferroviarie, oppure ancora in applicazioni per la disinfezione di superfici e ambienti chiusi, nel comparto zootecnico e agro-alimentare.

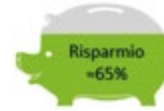
Sono diverse le manifestazioni di interesse a supporto del progetto Tapyro: dal comparto ortofrutticolo (ApoFruit, Cesac, Terremerse) al settore dell'agricoltura biologica (Aiab - Associazione italiana per l'agricoltura biologica) e della viticoltura. È stato inoltre registrato interesse da parte di alcune municipalità italiane, nelle quali oggi si devono fronteggiare serie criticità nel diserbo delle aree urbane, dato il divieto di utilizzare diserbanti chimici e l'attuale assenza di tecniche alternative eco-compatibili ed economicamente sostenibili.

Oltre ad aver recentemente ricevuto un riconoscimento nell'ambito del Premio regionale Innovatori responsabili - V edizione, anno 2019 (Dgr 695/2019), Tapyro è stato validato grazie al supporto di Climate-Kic, una community istituita e finanziata dall'Istituto europeo di innovazione e tecnologia (Eit). A tal proposito, sono state effettuate prove in campo preliminari utili per validare a livello funzionale il primo prototipo di reattore realizzato; tale prototipo è stato inoltre sottoposto a test da banco per l'analisi delle emissioni ambientali, condotte a cura del Cirsa dell'Università di Bologna (Centro interdipartimentale di ricerca per le Scienze ambientali) ed effettuate tenendo conto che si tratta di una tecnologia impiegabile anche in

TAB. 1
COSTI OPERATIVI

Tapyro vs sistemi a Gpl: stima ipotetica dei costi operativi per una macchina avente una potenza termica di 200 kW.

| Ore annue di esercizio | Costi operativi di combustibile (euro/anno) | |
|------------------------|---|--------|
| | Tapyro | Gpl |
| 600 | 7.150 | 16.584 |
| 900 | 9.150 | 24.084 |
| 1.200 | 11.150 | 31.584 |



2

applicazioni *indoor* (diserbo su colture in serra, oppure pirodisinfezione in locali di aziende agroalimentari e zootecniche).

Tali attività hanno consentito di stimare, rispetto ai sistemi di pirodiserbo commerciali a Gpl:

- una riduzione di emissione di gas serra fino al 90%
- in termini di costi operativi, un potenziale risparmio economico stimato fino al 75%
- una maggiore sicurezza di esercizio (è assente il rischio connesso con l'utilizzo di gas in bombole).

Il progetto Tapyro promuove quindi una soluzione tecnologica a favore di un'agricoltura sostenibile priva di sostanze chimiche, consentendo il risparmio di risorse idriche e fossili e salvaguardando l'ambiente.

Res - Reliable Environmental Solutions, proprietaria del brevetto su Tapyro, in collaborazione con agronomi qualificati

ed esperti di ingegneria applicata, sta programmando la messa a punto di un nuovo prototipo per poter effettuare prove sperimentali mirate di diserbo e per ottenere così dati specifici sul campo inerenti le performance dell'attrezzatura, con l'obiettivo di proseguire nello sviluppo tecnico e commerciale della tecnologia. Vi è inoltre l'interesse per indagare le potenzialità legate all'impiego come ammendante agricolo del biochar ottenibile: tale tecnica contribuisce alla mitigazione dei fenomeni di alterazione del clima attraverso il sequestro di CO₂ atmosferica nel suolo, oltre all'incremento della capacità di ritenzione idrica del terreno (con ulteriori risparmi idrici in agricoltura).

Davide Bersani

Res - Reliable Environmental Solutions
Società Cooperativa
www.resitalia.org

RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

- [1] Motta E.V.S. et al., "Glyphosate perturbs the gut microbiota of honey bees", *PNAS*, 09/10/2018, 115 (41), 10305-10310.
- [2] Gaupp-Berghausen M. et al., "Glyphosate-based herbicides reduce the activity and reproduction of earthworms and lead to increased soil nutrient concentrations", *Sci Rep*, (2015) 5, 12886.
- [3] Druille M. et al., "Arbuscular mycorrhizal fungi are directly and indirectly affected by glyphosate application", *Applied Soil Ecology*, October 2013, Volume 72, pp. 143-149.
- [4] Ascard J., "Flame weeding: effects of fuel pressure and tandem burners", *Weed Research*, (1991), Volume 37, pp. 77-86.
- [5] Rifai M. et al., "Effect of two different thermal units and three types of mulch on weeds in apple orchards", *Journal of Environmental Engineering and Science*, February 2011, 1(5), pp. 331-338.

1 Tapyro: attività di prototipazione.

2 Tapyro: prove funzionali in campo con prototipo avente una potenza termica di circa 50 kW.

CARBONIZZAZIONE IDROTERMALE E HYDROCHAR

IL PROCESSO HTC DI CARBONIZZAZIONE DELLE BIOMASSE UMIDE, UN'ALTERNATIVA A COMPOSTAGGIO O DIGESTIONE ANAEROBICA DEI RIFIUTI ORGANICI, CONSENTE DI OTTENERE UN COMPOSTO CON PROPRIETÀ AMMENDANTI E ADSORBENTI. INOLTRE, POTREBBE ESSERE UTILIZZATO PER TRATTARE MATERIALI PERICOLOSI PER L'AMBIENTE.

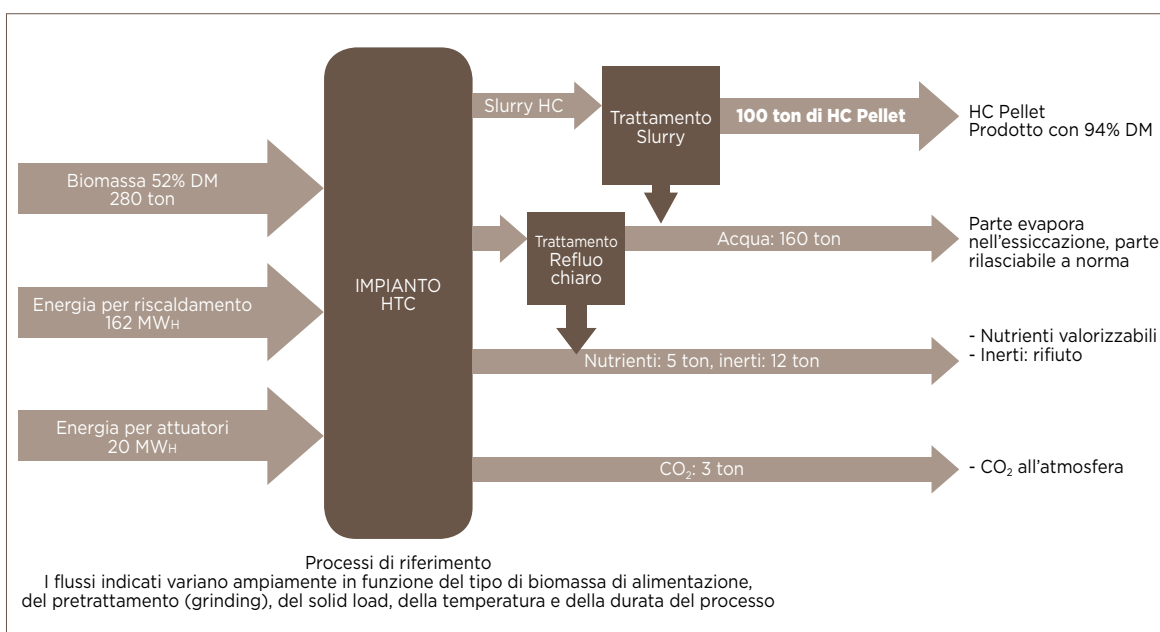
Uno dei grandi problemi ambientali della società moderna è sicuramente la gestione dei rifiuti. Gli scarti organici provenienti dai consumi di cittadini (la cosiddetta Forsu, Frazione organica del rifiuto solido urbano) e da attività produttive hanno un ruolo preponderante arrivando a toccare il 50% della componente riciclabile. Un'alternativa al compostaggio o alla digestione anaerobica di tali scarti è costituita dal processo Htc (*hydrothermal carbonization*). Questo processo, che in letteratura scientifica è chiamato "carbonizzazione idrotermale", riproduce in tempi molto brevi (range da minuti a ore) il processo di carbogenesi che ha portato nei millenni alla formazione dei giacimenti carboniferi presenti sul nostro pianeta. Il processo Htc avviene con biomasse umide, con contenuti di acqua preferibilmente sopra al 50% tenute in una speciale "pentola a pressione" con temperature dai 180 °C ai 250 °C e con pressioni fino a circa 40 bar. La matrice di entrata, costituita nella frazione secca in larga parte da sostanza organica ricca in carbonio,

trasforma le molecole in composti che, in base ai parametri di processo (tempo, temperatura e pressione) scelti, hanno una consistenza che varia da una torba a una lignite. Gli output sono principalmente due: una componente solida chiamata hydrochar e una componente liquida ricca di nutrienti. Hydrochar, parente del biochar prodotto da pirolisi, ha una composizione molecolare principalmente a base di carbonio. La struttura delle molecole di questo materiale è molto stabile e, per questo motivo, il carbonio è estremamente recalcitrante: Htc quindi può essere considerato un metodo per lo stoccaggio di carbonio.

aiuta a trattenere i nutrienti negli strati radicati. Per dare un'idea di quanto un tale materiale possa influire sul bilancio idrico, si pensi a come è diversa la gestione dell'acqua in agricoltura nelle torbiere, come nelle valli del Mezzano nel ferrarese, rispetto a suoli con bassi contenuti di sostanza organica. Se dal punto di vista delle proprietà chimico-fisiche, gli hydrochar studiati sono risultati molto eterogenei, possiedono tuttavia alcune caratteristiche comuni diverse dal biochar, tra cui un pH generalmente più basso di quest'ultimo. Potrebbe quindi risultare un materiale più interessante come parziale sostituto della torba in substrati per coltivazione fuori suolo e nel settore florovivaistico (Alvarez et al., 2017). Al momento, in Italia per legge non è permesso l'uso di hydrochar come ammendante, tuttavia numerose ricerche sperimentali sono in corso per testarne l'effettiva validità. L'hydrochar può essere utilizzato altrimenti come filtro, date le sue proprietà adsorbenti. Inoltre, essendo a tutti gli effetti un carbone può essere usato anche come combustibile per sostituire quello di origine fossile.

Utilizzo di hydrochar in agricoltura

L'hydrochar può trovare diversi impieghi. Ha interessanti proprietà agronomiche come ammendante del terreno, infatti grazie all'elevata porosità ha un'ottima capacità di ritenzione idrica e anche un importante potere adsorbente che



Anche la componente liquida in output può essere di interesse per l'estrazione di nutrienti in forma solubile di cui è ricco. Esistono già aziende che si sono concentrate sull'estrazione del fosforo, uno dei macronutrienti essenziali per la fertilizzazione delle colture.

La produzione di hydrochar è complementare a quella di biochar, poiché adatta al trattamento di materiali umidi, per i quali non è conveniente da un punto di vista energetico procedere con una disidratazione per applicare la pirolisi. La disidratazione dell'hydrochar, al contrario, è un processo economico e rapido: in alcune situazioni l'hydrochar può essere utilizzato come prodotto intermedio che può essere essiccato, stoccato e trasportato con costi economici e ambientali minori di quelli della biomassa originale. Il processo di gassificazione dell'hydrochar avrebbe alcuni importanti vantaggi: minor contenuto di ceneri con vantaggi sulla gassificazione della biomassa originale (Zheng et al., 2019). Su una soluzione tecnologica "Htc + gassificazione" Enea ha depositato il brevetto RM2014A000233 nel 2014.

Altri utilizzi di hydrochar

Al di fuori del settore agroalimentare, hydrochar può essere applicato al trattamento di acque reflue ricchissime di componenti organici (Tasca et al., 2019): le alte temperature (superiori ai 180 °C) del processo, da un punto di vista igienico-sanitario, offrono garanzie di sterilizzazione da patogeni, riducono i rischi connessi alla presenza di antibiotici e riducono il contenuto di metalli pesanti nell'acqua trattata (Wang et al., 2018). Un altro promettente fronte di ricerca mostra che il processo Htc è capace di trasformare in carbone certi tipi di materiali sintetici quali il diacetato di cellulosa dei filtri di sigaretta (Blankenship & Mokaya, 2017) e il Pvc senza la produzione di diossine (Poerschmann et al. 2015): si tratta quindi di un processo che potrebbe abbattere il contenuto di microplastiche eventualmente presenti nelle biomasse da trattare.

Se il processo di carbogenesi avviene a temperature più alte rispetto ai 300 °C di Htc, allora parliamo di Htl (*hydrothermal liquefaction*) e ancora più in su di Htg (*hydrothermal gasification*). Chiaramente, modificando in tale direzione i parametri di processo aumentano anche l'energia necessaria per mantenere il processo

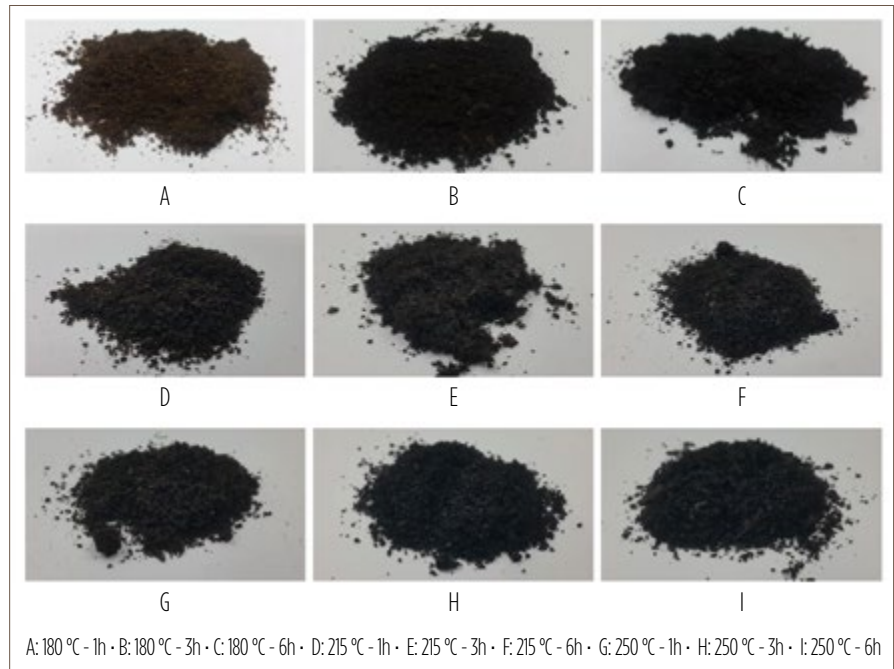


FIG. 2 HYDROCHAR

Aspetto di Hydrochar ottenuto in diverse condizioni di temperatura e tempo.

Fonte: Kantakanit P. et al., 2018, "Hydrochar generation from hydrothermal carbonization of organic wastes", IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci., 159 012001.

in azione e i costi di impianto. Questi processi sono altrettanto interessanti, ma vanno oltre gli scopi divulgativi del presente articolo.

In sintesi, il processo Htc ha ottime prospettive di applicazione in diversi settori, ancor più se pensato in un'ottica di economia circolare. Potrebbe essere una chiave per il trattamento di diversi materiali pericolosi per l'ambiente se non adeguatamente trattati, convertendoli in nuovi materiali che trovano diversi

utilizzi. C'è ancora molta ricerca da fare, ma le prime applicazioni hanno già visto la luce e un promettente futuro sembra alle porte.

Antonio Volta¹, Giuseppe Gherardi², Giulia Villani¹, Vittorio Marletto¹

1. Arpae Emilia-Romagna
2. ET srl

RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

- Álvarez M.L., Gascó G., Plaza C., Ferreiro J.P., Méndez A., 2017, "Hydrochars from biosolids and urban wastes as substitute materials for peat", *Land Degradation and Development*, 28 (7):2268-2276.
- Tasca A.L., Puccini M., Gori R., Corsi I., Raspolli Galletti A.M., Vitolo S., 2019, "Hydrothermal carbonization of sewage sludge: A critical analysis of process severity, hydrochar properties and environmental implications", *Waste Management*, 10.1016/j.wasman.2019.05.027 , 93: (1-13).
- Taskin E., de Castro Bueno C., Allegretta I., Terzano R., Rosa A.H., Loffredo E., 2019, "Multianalytical characterization of biochar and hydrochar produced from waste biomasses for environmental and agricultural applications", *Chemosphere*, 10.1016/j.chemosphere.2019.05.204.
- Blankenship T.S., Mokaya R., 2017, "Cigarette butt-derived carbons have ultra-high surface area and unprecedented hydrogen storage capacity", *Energy & Environmental Science*, 10 :2552-2562.
- Poerschmann J., Weiner B., Wozzidlo S., Koehler R., Kopinke F.D., 2015, "Hydrothermal carbonization of poly(vinyl chloride)", *Chemosphere*, 119C:682-689.
- Zheng X., Chen W., Ying Z., Huang J., Ji S., Wang B., 2019, "Thermodynamic investigation on gasification performance of sewage sludge-derived hydrochar: Effect of hydrothermal carbonization", *International Journal of Hydrogen Energy*, 44 (21): 10374-10383.
- Wang, M. et al., 2018, "Hydrothermal treatment of lincomycin mycelial residues: antibiotic resistance genes reduction and heavy metals immobilization", *Bioresource Technology*, 271:143-149.