



LIBRO DEI RIASSUNTI

Terzo convegno congiunto SICA, SISS, SIPe – IL SUOLO, LA PIANTA, L'AMBIENTE

*Sinergie nel sistema suolo-pianta
per la tutela dell'ambiente e la sicurezza alimentare
Palermo 12-15 settembre 2023*



*A cura di Sara Paliaga, Daniela Pampinella,
Sofia Maria Muscarella, Caterina Lucia e Oumayma Hmidi*

Sede Congressuale

Dipartimento Scienze Agrarie, Alimentari e Forestali, Università di Palermo;
Viale delle Scienze, 90128 Palermo



**Università
degli Studi
di Palermo**

SAAF
DIPARTIMENTO
SCIENZE
AGRARIE
ALIMENTARI
FORESTALI

Comitato Organizzatore

LUIGI BADALUCCO
PELLEGRINO CONTE
CARMELO DAZZI
CLAUDIO DE PASQUALE (SEGRETARIO)
VITO ARMANDO LAUDICINA (COORDINATORE)
GIUSEPPE LO PAPA
ERISTANNA PALAZZOLO
FILIPPO SAIANO

RICCARDO SCALENGHE
CALOGERO LIBRICI
CATERINA LUCIA
SOFIA MARIA MUSCARELLA
SARA PALIAGA
DANIELA PAMPINELLA
VALENTINA PILLITTERI
OUMAYMA HMIDI

Comitato Scientifico

LUIGI BADALUCCO
ELEONORA BONIFACIO
PELLEGRINO CONTE
GIUSEPPE CORTI
CARMELO DAZZI (COORDINATORE)

LUCA ESPEN
GLORIA FALSONE
GIOVANNI GIGLIOTTI
GIUSEPPE LO PAPA
CLAUDIO ZACCONE

Comitato Organizzatore Escursione

CARMELO DAZZI
GIUSEPPE LO PAPA (COORDINATORE)
ANTONINO GALATI
ANTONINO PISCIOTTA

LUCA SETTANNI
LUIGI DI SALVO
VALENTINA PILLITTERI (SEGRETARIO)
MARIA CRESCIMANNO

SOMMARIO

<i>I sistemi vegetali per lo sviluppo sostenibile</i>	1
<i>Relazione ad invito – Gian Attilio Sacchi</i>	2
<i>Presentazioni orali</i>	3
<i>Poster</i>	10
<i>La tutela dell’ambiente per la transizione ecologica</i>	33
<i>Relazione ad invito – Pandi Zdruli</i>	34
<i>Presentazioni orali</i>	35
<i>Poster</i>	43
<i>Le interazioni del suolo per la multifunzionalità dei sistemi agrari e forestali</i>	59
<i>Relazione ad invito – Paolo Nannipieri</i>	60
<i>Presentazioni orali</i>	61
<i>Poster</i>	65
<i>Il contributo del suolo per la salvaguardia degli ecosistemi e la sicurezza alimentare</i>	80
<i>Relazione ad invito – Gloria Falsone</i>	81
<i>Presentazioni orali</i>	82
<i>Poster</i>	88
<i>Suolo, cambiamenti climatici e sviluppo sostenibile</i>	104
<i>Relazione ad invito – Michele Freppaz</i>	105
<i>Presentazioni orali</i>	106
<i>Poster</i>	112

**I SISTEMI VEGETALI
PER LO SVILUPPO SOSTENIBILE**

Relatore: Gian Attilio Sacchi

RELAZIONE AD INVITO

I sistemi vegetali per lo sviluppo sostenibile

Gian Attilio Sacchi

Dipartimento di Scienze Agrarie e Ambientali, Università degli Studi di Milano

L'obiettivo di garantire cibo di adeguato valore nutrizionale in quantità sufficiente per la crescente popolazione mondiale, contenendo al minimo gli impatti irreversibili sulla disponibilità delle risorse naturali impiegate, per di più in una prospettiva di drastici cambiamenti climatici, richiede la messa a punto di strategie innovative che presuppongono un coerente sviluppo di nuove conoscenze scientifiche. Una componente essenziale di questa complessa sfida consiste nel definire e sviluppare nuove peculiarità che i sistemi vegetali devono possedere per favorire la transizione verso una agricoltura intensiva sostenibile.

L'efficientamento della fotosintesi in condizioni di ridotta disponibilità idrica o di nutrienti minerali nel suolo è un punto essenziale in questa logica. La possibilità, sempre più concreta, fornita dai moderni approcci di biologia sintetica dell'inserimento di tratti essenziali delle piante con sistema C4 di fissazione della CO₂ in importanti colture C3, quali ad esempio il riso, va in questa direzione. Attraverso l'uso di approcci analoghi, negli ultimi anni, si assiste a un forte impulso verso la costituzione di specie coltivate non leguminose in grado di acquisire quote significative di azoto assimilabile attraverso processi di simbiosi o di più semplice associazione con microrganismi che operano la fissazione biologica dell'elemento. Queste prospettive di più lungo termine si accompagnano alla rivalutazione dei cereali perenni in sostituzione di quelli annuali perseguendo, anche in questo caso, la logica di riduzione degli input nel sistema colturale, nonché di salvaguardia della biodiversità microbiologica del suolo. Nella logica di una migliorata sostenibilità dei sistemi vegetali stanno assumendo importanza una serie di tematiche sinora piuttosto trascurate. Tra queste, ad esempio il ruolo della architettura degli apparati radicali e delle caratteristiche istologico-funzionali delle singole radici nei processi di assorbimento e distribuzione sistemica di nutrienti minerali e di acqua, soprattutto in condizioni di scarsa disponibilità di queste risorse o in presenza di fattori ambientali avversi. In questo ambito meritano una revisione anche alcuni concetti, considerati ormai acquisiti, relativi alle caratteristiche cinetiche dei sistemi di trasporto dei nutrienti minerali.

Inoltre, può contribuire alla definizione di sistemi colturali meno dipendenti da input energetici e chimici la miglior comprensione dei meccanismi che: a) sostengono la cosiddetta immunità nutrizionale in grado di garantire la resistenza delle colture ad alcune delle più importanti avversità biotiche; b) definiscono il miglior adattamento di alcune specie o cultivar a tecniche colturali di contenuto impatto ambientale (agricoltura conservativa, agricoltura biologica, tecniche water-saving, ecc.); c) consentono la costituzione di bioindicatori in grado di segnalare lo stato nutrizionale delle piante e quindi la necessità di eventuali interventi di fertilizzazione.

Per la realizzazione di gran parte delle prospettive delineate è necessario colmare il profondo divario che si è generato negli ultimi anni tra le conoscenze genomiche e quelle biochimiche e fisiologiche alla base dei processi considerati. Studi di associazione genotipo-fenotipo, di selezione genomica e di fenomica si propongono di perseguire in modo sempre più efficace questo risultato.

Nel corso della presentazione tutti questi aspetti sono affrontati e discussi, esponendo i risultati sperimentali più significativi e promettenti che li sostengono.

CONTRIBUTI ORALI

Studio dei meccanismi d'azione di un idrolizzato proteico derivante da collagene attraverso un innovativo approccio integrato fisiologico-bioinformatico

Stefano Ambrosini¹, Lucia Zanotto¹, Alejandro Giorgietti¹, Tiziana Pandolfini¹,
Zeno Varanini¹, Anita Zamboni¹

¹*Dipartimento di Biotecnologie, Università di Verona, Strada Le Grazie 15, 37134 Verona, Italia*

***Autore di riferimento:** Stefano Ambrosini, e-mail stefano.ambrosini@univr.it

Gli idrolizzati proteici (IP) sono una classe di biostimolanti, derivati da biomasse proteiche animali, vegetali o microbiche idrolizzate per via chimica o enzimatica. Questi prodotti sono solitamente ottenuti da rifiuti industriali e rientrano nel virtuoso modello dell'economia circolare. Sebbene gli IP siano ampiamente utilizzati in agricoltura e molte pubblicazioni scientifiche ne descrivano gli effetti biostimolanti, non è chiaro quali meccanismi d'azione scatenino queste risposte nelle piante. Alcuni prodotti, in particolare gli IP derivati dal collagene bovino (IPC), costituiti prevalentemente da poche specie di oligopeptidi e aminoacidi liberi, possono essere approfonditamente studiate nella loro composizione chimica. Questi prodotti sono efficaci nel promuovere la crescita radicale e della parte aerea non solo nelle normali condizioni di crescita (1), ma anche in diverse condizioni di stress (2). La composizione, relativamente semplice e ripetitiva, dei peptidi presenti negli IPC ci ha permesso di individuare un piccolo peptide bioattivo in grado promuovere la crescita radicale di plantule di pomodoro producendo lo stesso effetto dell'IPC in cui è stato identificato (3). Con queste nuove informazioni è stato quindi adottato un approccio bioinformatico per individuare la presenza nelle piante di recettori che possano riconoscere peptidi di origine animale, come quelli che derivano dal collagene, in grado di innescare processi molecolari responsabili degli effetti biostimolanti. I risultati ottenuti da alcuni studi in silico hanno evidenziato la somiglianza tra recettori DDRs del collagene dei mammiferi (Discoidin Domain Receptors) e proteine vegetali, suggerendo che potrebbe esistere un dominio funzionale in qualche modo conservato e coinvolto nella percezione e trasduzione del segnale degli IPC. Nel complesso, questi approfondimenti forniscono una descrizione dei meccanismi d'azione degli IP e presentano un flusso di lavoro sperimentale innovativo mai esplorato nel campo dei biostimolanti.

Bibliografia:

1. Santi, C., Zamboni, A., Varanini, Z. & Pandolfini, T. Growth stimulatory effects and genome-wide transcriptional changes produced by protein hydrolysates in maize seedlings. *Front. Plant Sci.* 8, 1–17 (2017).
2. Ambrosini, S. et al. Evaluation of the Potential Use of a Collagen-Based Protein Hydrolysate as a Plant Multi-Stress Protectant. *Front. Plant Sci.* 12, 63 (2021).
3. Ambrosini, S. et al. Chemical Characterization of a Collagen-Derived Protein Hydrolysate and Biostimulant Activity Assessment of Its Peptidic Components. *J. Agric. Food Chem.* (2022) doi:10.1021/acs.jafc.2c04379.

Approcci trascrittomici e fisiologici per decifrare la mitigazione dello stress da freddo esercitata dall'applicazione dell'estratto di alghe brune (BSE) in pomodoro

C. Chiodi, M. Borella, S. Celletti, A. Monti, P. Stevanato, S. Nardi

***Autore di riferimento:** Claudia Chiodi, e-mail claudia.chiodi91@gmail.com

Lo stress da freddo rappresenta una sfida per le piante che provengono da regioni calde. I biostimolanti offrono un'opportunità per affrontare questo stress in modo efficace. Il pomodoro (*Solanum lycopersicum* L.), una coltura di grande valore, è estremamente sensibile al freddo, sia in campo aperto che in serra. Questo studio si propone di valutare se l'utilizzo di un biostimolante a base di estratto di alghe brune (BSE) possa migliorare la tolleranza del pomodoro allo stress da freddo. Le piantine di pomodoro sono state trattate con BSE o con una soluzione di controllo in tre diverse fasi di crescita. Successivamente, metà delle piante è stata sottoposta a stress da freddo (3 notti a 4°C), mentre l'altra metà è stata mantenuta come gruppo di controllo. Gli effetti dello stress da freddo, sia sulle piante trattate con BSE che su quelle non trattate, sono stati valutati misurando parametri fisiologici come la conduttanza stomatica, la fotosintesi netta, il numero e il peso dei frutti rossi, il peso totale dei frutti, il peso secco dei frutti, il pH, il diametro e la durezza dei frutti, nonché il numero di frutti crepati. Inoltre, è stata analizzata l'espressione genica. In particolare, si è osservato come la conduttanza stomatica, la fotosintesi netta e la resa fossero significativamente maggiori nelle piante trattate con BSE sia in presenza di stress da freddo che in condizioni di controllo. Al fine di comprendere il meccanismo alla base di queste osservazioni, è stata effettuata un'analisi dell'RNA su piante trattate e non trattate con BSE, 24 (T1) e 48 (T2) ore dopo la fine dello stress. L'analisi dell'espressione genica ha evidenziato come il trattamento con BSE influisca sui pathway metabolici di alcuni composti antiossidanti: prolina, flavonoidi e pigmenti. Molti geni coinvolti in questi pathway hanno invertito il loro livello di espressione da T1 a T2, dimostrandosi responsabili della risposta allo stress e del ripristino dell'omeostasi. Infine, la quantificazione degli antiossidanti sopracitati ha mostrato che questi composti sono significativamente influenzati dal trattamento con BSE. Durante lo stress da freddo, le piante rilasciano specie reattive dell'ossigeno (ROS) e attivano la produzione di antiossidanti per alleviare lo stress ossidativo. L'efficacia del trattamento con BSE nella protezione contro lo stress da freddo è probabilmente correlata alla sua capacità di aumentare l'attività antiossidante nelle piante di pomodoro. Questo studio ha evidenziato il modo in cui il biostimolante a base di BSE agisce nella protezione del pomodoro contro il freddo.

Modulazione dell'attività della proteina TOR (Target of Rapamycin) in piante di pomodoro allevate in carenza singola e combinata di ferro e di zolfo.

Eleonora Coppa, Gianpiero Vigani, Rasha Aref, Daniel Savatin, Valentina Bigini,
Ruediger Hell, Stefania Astolfi

***Autore di riferimento:** Eleonora Coppa, e-mail ecoppa@unitus.it

Negli ultimi anni è stata chiaramente dimostrata una stretta relazione tra la nutrizione solfatica e ferrica in pomodoro (Zuchi et al., 2015, Coppa et al., 2018; Astolfi et al., 2020). Tuttavia, i meccanismi di regolazione alla base di questa interazione non sono ancora chiari. Un primo link tra questi due elementi è stato attribuito all'aminoacido metionina, precursore dell'S-adenosilmetionina (SAM) (Hesse and Hoefgen, 2003) a sua volta precursore della nicotianamina (NA) e dell'etilene (ET), entrambi coinvolti nella risposta della pianta alla carenza di Fe (Zuchi et al., 2009). Inoltre, il Fe e lo S sono coinvolti nella sintesi dei cluster Fe/S (Balk and Pilon, 2011), ed è stato recentemente ipotizzato che il citrato, acido organico sintetizzato nei mitocondri, in cui avviene anche la sintesi dei cluster Fe/S, potrebbe avere un ruolo nell'interazione tra S e Fe (Vigani et al., 2018). La fluttuazione dei livelli degli acidi organici nelle cellule può stimolare meccanismi di segnalazione retrograda, che in cellule animali e di lievito è stata associata al pathway di segnalazione della proteina chinasi TOR (Target of Rapamycin) (Butow and Avadhani, 2004), un "sensore" in grado di percepire condizioni di stress, quali le carenze nutrizionali. In questo lavoro abbiamo quindi valutato il coinvolgimento della proteina TOR nel cross-talk di segnalazione che si verifica durante l'adattamento delle piante alla carenza combinata di Fe e di S. I nostri risultati hanno messo in evidenza che l'attività di TOR era positivamente correlata con i livelli di citrato sia nelle foglie ($R^2 = 0,840$) che nelle radici ($R^2 = 0,905$) delle piante di pomodoro cresciute in carenza singola e combinata di Fe e di S. Inoltre, a differenza di quanto precedentemente riportato da Dong et al., (2017), nelle nostre condizioni l'attività di TOR non era correlata con i livelli degli zuccheri riducenti (glucosio) e non-riducenti (saccarosio) sia nelle foglie che nelle radici. Pertanto, i nostri risultati, oltre ad escludere il coinvolgimento del glucosio come induttore di TOR, supportano l'ipotesi di un coinvolgimento del citrato come link tra la risposta della pianta alla carenza combinata di S/Fe ed il pathway di segnalazione della proteina chinasi TOR.

**Relazione tra stress salino e disponibilità di azoto in piante
di pomodoro (*Solanum lycopersicon* L.)**

Galli G. *, Araniti F., Prinsi B., Espen L.

*Autore di riferimento: Galli Gianluca, e-mail gianluca.galli@unimi.it

Un'adeguata disponibilità di azoto (N) nei suoli ed efficaci strategie di mitigazione allo stress salino rappresentano due delle principali sfide nella coltivazione del pomodoro (*Solanum lycopersicon* L.), una delle più importanti orticole coltivate in Italia. L'azoto, la cui forma più abbondante nei suoli è il NO_3^- , è il macronutriente maggiormente richiesto dalle piante. La disponibilità di N influenza, oltre al suo metabolismo, la capacità fotosintetica, la traspirazione fogliare, l'equilibrio redox cellulare e il metabolismo del carbonio. Nell'area mediterranea si sta assistendo ad un progressivo incremento di NaCl nei suoli agrari. Tipici effetti osservati in piante esposte ad elevati livelli di sale sono la riduzione della produzione di biomassa, l'alterazione del bilancio idrico e dello status nutrizionale, l'accumulo cellulare di ioni a concentrazioni citotossiche (Na^+ e Cl^-) e la produzione di ROS. Inoltre, lo stress salino altera l'assorbimento e la traslocazione degli altri nutrienti minerali, tra cui l'N. Queste osservazioni evidenziano una possibile relazione fra il metabolismo di questo nutriente e la capacità di risposta allo stress salino. Utilizzando due genotipi precedentemente caratterizzati per la loro NUE, Regina Ostuni (RO, NUE maggiore) e UC82, nel presente lavoro sono state studiate alcune delle tipiche risposte indotte dallo stress salino in piante allevate in differenti disponibilità di N (NO_3^- 5 mM e 0.5 mM). Le piante, cresciute in idroponica, sono state esposte gradualmente a NaCl (da 0 mM a 80 mM). Dopo 17 giorni di crescita, il trattamento salino provocava una riduzione della biomassa totale, un aumento fogliare di amminoacidi totali e di prolina e una riduzione di zuccheri riducenti. Inoltre, nelle piante esposte a NaCl, l'analisi ionomica evidenziava un accumulo di Na^+ e di Cl^- in entrambi gli organi e una riduzione dei livelli fogliari di NO_3^- , SO_4^{2-} e PO_4^{3-} . Il trattamento con CaCl_2 , effettuato per potere discriminare gli effetti attribuibili al Cl, evidenziava una riduzione dei livelli degli anioni nelle foglie paragonabile a quella osservata nelle piante trattate con NaCl. Confrontando i due genotipi, i risultati suggerivano una miglior fitness generale in condizioni di stress salino da parte di RO rispetto a UC82, presentando una minore riduzione della biomassa totale e livelli fogliari più alti di NO_3^- , zuccheri riducenti e prolina. RO mostrava inoltre un minore accumulo di Cl^- . Nelle medesime condizioni sperimentali si è quindi proceduto ad effettuare un'analisi metabolica, cioè al fine di approfondire le possibili interazioni fra il metabolismo azotato e le risposte metaboliche indotte dallo stress salino.

Biostimolanti di origine vegetale comandano distintivamente le risposte fisiologiche e metabolomiche della lattuga coltivata in condizioni di deplezione di azoto.

Christophe El-Nakhel¹, Francesco Cristofano¹, Giuseppe Colla², Youry Pii³, Elena Secomandi⁴, Marco De Gregorio⁴, Valentina Buffagni^{2,4}, Pascual Garcia-Perez^{4*}, Luigi Lucini⁴, Youssef Rouphael¹

¹*Department of Agricultural Sciences, University of Naples Federico II, Portici, Italy*

²*Department of Agriculture and Forest Sciences, University of Tuscia, Viterbo, Italy*

³*Faculty of Science and Technology, Free University of Bozen/Bolzano, Bolzano, Italy*

⁴*Department for Sustainable Food Process, CRAST Research Centre, Università Cattolica del Sacro Cuore, Piacenza, Italy*

***Autore di riferimento:** Pascual García-Pérez, e-mail pasgarcia@uvigo.es

I biostimolanti sono input sostenibili che possono essere utilizzati per ridurre la dipendenza dai fertilizzanti chimici, rafforzando contemporaneamente l'assorbimento di nutrienti, il rendimento e la qualità delle colture e modulando i processi metabolici delle piante. Gli idrolizzati proteici (PH) sono biostimolanti di spicco che garantiscono una riduzione delle perdite di rendimento in condizioni sub-ottimali di azoto (N). Su questa base, è stato testato un nuovo prodotto PH derivato dalla Malvaceae insieme a un PH commerciale derivato da legumi su lattuga coltivata in serra senza suolo, al fine di valutare in modo comparativo la loro attività in condizioni di esaurimento di N (1 mM NO₃⁻). Entrambi i PH hanno aumentato i parametri biometrici in condizioni ottimali, ma in misura minore in condizioni di deplezione di N. Il PH derivato dai legumi ha promosso una maggiore Fv/Fm, e contenuti di luteina e β-carotene in condizioni ottimali di N e una maggiore catalasi e acidi fenolici totali. Al contrario, il PH derivato dalla Malvaceae non ha influenzato gli acidi fenolici, ma ha aumentato la concentrazione di Ca, Mg e catalasi nelle foglie riducendo l'H₂O₂. I cambiamenti biochimici sono stati quindi valutati attraverso la metabolomica non mirata. La metabolomica ha mostrato un effetto prevalentemente gerarchico del livello di N, con i PH che mostrano un ri-programmazione distintiva in condizioni ottimali e di esaurimento di N. Tra gli altri, i fenilpropanoidi sono stati principalmente ridotti nelle piante stressate, mentre gli acidi grassi polinsaturi (PUFA) si sono accumulati dopo l'applicazione dei PH. Tuttavia, la grave deplezione di N non può essere compensata dal trattamento con i PH poiché i biostimolanti sono utilizzati per integrare l'uso dei fertilizzanti e non per sostituirli.

Stress salino in piante di fragola: come allertare le piante vicine tramite VOCs

Giulia Lauria^{1*}, Ermes Lo Piccolo², Costanza Ceccanti¹, Ylenia Pieracci³, Guido Flamini³,
Fabrizio Araniti⁴, Lucia Guidi¹, Marco Landi¹

¹*Dipartimento di Scienze Agrarie, Alimentari e Agro-ambientali, Università di Pisa, Pisa.*

²*Dipartimento di Scienze e Tecnologie Agrarie, Alimentari, Ambientali e Forestali, Università degli Studi di Firenze, Sesto Fiorentino, Firenze.*

³*Dipartimento di Farmacia, Università di Pisa, Pisa.*

⁴*Dipartimento di Scienze Agrarie e Ambientali - Produzione, Territorio, Agroenergia, Università di Milano, Milano.*

***Autore di riferimento:** Giulia Lauria, e-mail giulia.lauria@phd.unipi.it

I composti organici volatili (VOCs) sono utilizzati dalle piante come messaggeri chimici nella “comunicazione” tra individui e nell’attivazione di meccanismi di difesa indotti da stress biotici, molto studiati, e abiotici, quest’ultimi poco caratterizzati. Il presente esperimento aveva lo scopo di indagare l’emissione, il riconoscimento e la trasmissione di segnali chimici tra piante di fragola (*Fragaria × ananassa* var. *Elsanta*) sottoposte a stress salino. Le piante sono state poste in box separati in modo che eventuali segnali infochimici promossi dallo stress imposto (3.5 g L⁻¹ NaCl) potessero raggiungere solamente le piante designate come “receivers”. Un primo step valutava l’influenza della co-coltivazione di piante irrigate con la soluzione salina (emitters; C+NaCl) e piante irrigate solo con acqua (receivers; NaCl-S). Il secondo step valutava la risposta alla salinità delle piante NaCl-S (NaCl-S+NaCl), mentre il terzo step valutava la risposta alla salinità di receivers irrigate solo con acqua al primo e secondo step (NaCl-SS) e successivamente irrigate con NaCl (NaCl-SS+NaCl). Per ogni step sono stati determinati: biomassa, scambi gassosi, contenuto in pigmenti, concentrazione di Na⁺ e Cl⁻, e il livello di perossidazione lipidica. Le variazioni nel metabolismo primario e nei VOCs sono state indagate esclusivamente nei primi due step. È stata osservata una diminuzione in biomassa, nella fotosintesi e nel contenuto in pigmenti nelle piante C+NaCl, mentre nelle piante NaCl-S+NaCl non è stata rilevata alcuna differenza significativa nei parametri sopra descritti. Le piante NaCl-SS+NaCl mostravano variazioni analoghe alle piante C+NaCl. Allo stesso tempo, risposte fisiologiche e biochimiche sono state osservate nelle piante receivers del primo step (NaCl-S) con riduzione di Pn (-9%) e gs (-8%), e nelle piante NaCl-S e NaCl-SS del secondo step con diminuzioni nel contenuto in carotenoidi. Inoltre, le piante NaCl-S+NaCl mostravano un contenuto in Na⁺ e Cl⁻ inferiore rispetto alle piante C+NaCl, sebbene ricevessero lo stesso trattamento salino, come a “ricordare” il messaggio trasmesso, durante lo step precedente, dalle piante emitters. Infine, anche l’analisi del metabolismo primario e dei VOCs mostrava variazioni nelle piante receivers dei primi due step, suggerendo una possibile “comunicazione” tra piante. In conclusione, lo stress salino somministrato ha indotto le piante a emettere VOCs, allertando le piante riceventi. Quest’ultime, a loro volta, hanno attivato risposte fisiologiche e meccanismi di difesa quando sottoposte al medesimo stress. Infine, la possibilità di un’ulteriore trasmissione da piante receivers (NaCl-S) ad altre piante riceventi acqua (NaCl-SS) non sembra essere sufficiente a innescare meccanismi di difesa nelle stesse.

Grapevine resilience to water deficit: impact of N and K fertilization in Grenache and Cabernet Sauvignon cultivars

Gabriella Vinci*, Alberto Calderan, Giovanni Anedda, Matteo Bortolussi, Marianna Fasoli,
Paolo Sivilotti, Laura Zanin

***Autore di riferimento:** Gabriella Vinci, e-mail vinci.gabriella@spes.uniud.it

Climate change is expected to provoke an increase in the frequency and intensity of drought events and water scarcity that will have detrimental effects on photosynthesis and plant yield. To sustain an appropriate plant yield under suboptimal conditions, a common practice is the application of high amounts of fertilizers with negative environmental consequences. The present study aims at evaluating the interplay between water and nutrient availability, namely nitrogen (N) and potassium (K), in two grapevine cultivars with a different sensitivity to water shortage stress. Two-year-old *Vitis Vinifera* cv. Cabernet Sauvignon and Grenache grapevine plants grafted on SO4 rootstock have been transferred in pots under semi-environmental conditions. During two consecutive growing seasons, plants will be either maintained well-watered (100% ETc) or subjected to a controlled water deficit irrigation (33% ETc). Moreover, different N:K fertilization doses will be applied: 100%N:100%K, 100%N:30%K, 30%N:100%K and 30%N:30%K. Several morphological and physiological parameters will be measured, such as plant growth rate, water potential, photosynthetic rate, and stomatal conductance. In addition, multi-element analysis at the canopy level will be implemented by collecting leaves at flowering, veraison, and maturity stage. Results deriving from the experiment will provide an integrated characterization of the differential response to the single and combined deficits of the two cultivars selected. These results will be useful to find new strategies to increase the sustainability of grapevine cultivation under stressful environmental conditions by optimizing both water use and nutrient acquisition efficiency.

POSTER

Effect of Plant growth promoting actinobacterium *Streptomyces violaceoruber* on tomato under nitrogen and drought stress

Ciro Caldiero^{1,2}, Teresa Faddetta³, Giulia Polito³, Loredana Abbate⁴, Francesco Mercati⁴, Antonio Palumbo Piccionello³, Giuseppe Gallo^{3,5}, Ludovica Laganà¹, Agostino Sorgonà¹, Francesco Sunseri¹, Rumyana Karlova², Maria Rosa Abenavoli^{1*}

¹*Università Mediterranea di Reggio Calabria, Dipartimento AGRARIA, Reggio Calabria (RC), Italy*

²*Wageningen University & Research, Laboratory of Plant Physiology, Radix, Wageningen, Netherlands*

³*Università degli Studi di Palermo, Dipartimento STEBICEF, Viale delle Scienze, Palermo (PA), Italy*

⁴*Consiglio Nazionale delle Ricerche, Institute of Biosciences and Bioresources (IBBR), Palermo (PA), Italy*

⁵*National Biodiversity Future Center, Piazza Marina 61, Palermo, 90133, Italy*

***Autore di riferimento:** Maria Rosa Abenavoli, e-mail mrabenavoli@unirc.it

Drought and nitrogen (N) deficiency are the main crop abiotic stressors whose intensity and frequency are greatly increased by climate change. Plant growth promoting rhizobacteria (PGPRs) are a novel tool to mitigate their severe effects since they are able to improve nitrogen availability and use efficiency and to increase drought tolerance. In particular, the actinobacteria are considered very promising PGPRs due to their metabolic versatility, drought resistance, and bioactive metabolites production. Among them, *Streptomyces violaceoruber* resulted as very promising PGPB candidate. Thus, its ability to mitigate both drought and nitrogen deficiency in tomato grown on plates and hydroponic system (PGS and HGS, respectively) were evaluated. Tomato seedlings (UC82 cv), grown under drought and nitrogen stress conditions, in PGS and HGS, respectively, were inoculated with *S. violaceoruber*. In PGS, the *S. violaceoruber* treatments were carried out by using the inoculation and dipping methods. The main biometric parameters and root morphological traits, Normalized Difference Vegetation Index (NDVI), and Normalized Anthocyanin Index (NAI) were evaluated. In PGS, only the PGPB inoculation method but not the dipping was able to increase both plant fresh and dry biomass (shoot and root), under the well watered condition. Similarly, the root total length was positively affected by *S. violaceoruber* treatment and this increase was due to both number and length of the lateral roots. However, no effect of mitigating drought stress by the PGPB treatment was observed. In HGS, the *S. violaceoruber* adhered to the plant roots, mitigating tomato N stress by increasing the fresh and dry shoot and root biomass that reached the high N values. The PGPB treatment also positively affected root system architecture and improved the NDVI and NAI. In conclusion, the PGPB *S. violaceoruber* could be considered as new candidate for developing novel biofertilizers with low environmental impact for a more sustainable cropping system.

Caratterizzazione fisiologica e trascrittomica dello stress idrico in tre genotipi di frumento duro

Palombieri S, Quagliata G., Sestili F, Astolfi S.*

***Autore di riferimento:** Stefania Astolfi, e-mail sastolfi@unitus.it

La produttività delle colture è minacciata dai cambiamenti climatici, che stanno determinando condizioni di siccità severa in diverse regioni del mondo, tra cui l'Europa e in particolare l'area mediterranea. La siccità è uno degli stress ambientali più comuni e ha un impatto negativo sulla crescita e sulla normale fisiologia delle piante. Sebbene il frumento duro sia adattato a climi semi-aridi, le condizioni climatiche estreme e la siccità prolungata hanno un effetto negativo sulla sua sopravvivenza e resa. Di conseguenza, l'identificazione di genotipi più resilienti, in grado di far fronte a condizioni idriche non ottimali, potrebbe consentire di contrastare le perdite di resa. In questo studio è stata analizzata la risposta fisiologica e trascrittomica allo stress idrico in tre genotipi di *Triticum turgidum*, Svevo, Svems16 e LCYE*. Le piante sono state coltivate in idroponica e sottoposte a stress idrico per sei giorni mediante l'applicazione di PEG 6000 al 10% (w/v). La risposta allo stress è stata valutata analizzando il peso fresco delle piante, i livelli di clorofilla, prolina e malondialdeide (MDA) ed i cambiamenti fisiologici osservati sono stati correlati alla morfologia degli apparati radicali. I genotipi Svems16 e LCYE* sono risultati più tolleranti alla siccità rispetto a Svevo, come indicato dal loro minore contenuto di MDA, dalla maggiore concentrazione di prolina e dall'apparato radicale mediamente più profondo. L'analisi RNA-seq ha identificato un totale di 3150 geni differenzialmente espressi correlati alla risposta allo stress, di cui 122 e 14 condivisi tra i tre genotipi, rispettivamente nei tessuti radicali e fogliari. La ri-programmazione del trascrittoma indotta dall'imposizione dello stress idrico è risultata più intensa nel genotipo sensibile rispetto a quelli più tolleranti, e nella radice rispetto al germoglio. La risposta specifica della radice comprendeva geni coinvolti nella biosintesi della nicotianamina, nella modificazione della membrana e nella glicosilazione, mentre la risposta specifica della foglia era principalmente legata ai processi metabolici relativi ai carboidrati e agli aminoacidi. È interessante notare che in tutti i genotipi la siccità modulava positivamente i geni coinvolti nei processi metabolici del glutatione e dei composti solforati, confermando il ruolo funzionale dello zolfo nella risposta delle piante allo stress ossidativo. Le informazioni ottenute possono essere utili per il miglioramento della resa del frumento in condizioni ambientali sfavorevoli.

La ricerca è stata finanziata da PRIMA "Partnership for Research and Innovation in the Mediterranean Area Call 2019" (EXPLOWHEAT Project - CUP n. J89C19000140005)

Culture energetiche e ammendanti compostati per la bonifica di suoli contaminati: qualità chimica e microbiologica del suolo in prove ex-situ in vaso

Enrico Buscaroli*, Martina Mazzon, Daniele Alberoni, Claudio Marzadori, Ilaria Braschi

***Autore di riferimento:** Enrico Buscaroli, e-mail enrico.buscaroli2@unibo.it

La fitobonifica rappresenta una strategia di grande importanza per la valorizzazione e la gestione estensiva dei siti contaminati (Juwarkar et al. 2010). Gli impianti che utilizzano queste tecnologie offrono diversi benefici ancillari, come ad esempio l'occupazione, la produzione agricola non alimentare, il rinnovamento urbano e la creazione di aree ecologiche di protezione, che compensano la tipica lentezza di questi impianti nel processo di disinquinamento del sito. In fase progettuale, fondamentali risultano le specie vegetali impiegate e gli interventi sulla qualità del suolo, come la fertilizzazione e l'uso di ammendanti e la loro influenza sulla capacità del suolo rizosferico di trattenere (fitostabilizzazione) e/o rimuovere (fitoestrazione) i contaminanti. L'utilizzo di ammendanti, compost o letame può modificare la solubilità dei contaminanti, sostenere l'attività microbica e favorire la crescita delle piante (Ventorino et al., 2019). È anche noto che le interazioni positive tra piante e microbiota del suolo promuovono l'assorbimento di nutrienti e migliorano la tolleranza allo stress causato dagli inquinanti (Abhilash et al. 2016; Ma et al. 2011). In questo studio, sono state testate Brassica juncea e Sorghum bicolor, colture energetiche che offrono opportunità di sostenibilità economica per il fitorimediazione, in prove in vaso ex-situ per valutare il potenziale di bonifica di un suolo contaminato da inquinanti organici e inorganici. Due ammendanti compostati ottenuti da diversi processi di compostaggio sono stati testati come agenti biostimolanti. Alla fine della prova, è stato valutato l'effetto delle diverse combinazioni di piante e compost sulla rimozione degli inquinanti, sugli indicatori biochimici e sulla composizione microbica del suolo, nonché sulla produzione di biomassa. I risultati evidenziano che l'aggiunta di compost aumenta la biomassa di entrambe le specie vegetali, sebbene rallenti la degradazione degli inquinanti organici da parte del complesso rizosferico. Il compost inoltre migliora parzialmente gli indicatori biochimici del suolo e modifica l'abbondanza relativa di alcuni gruppi microbici. Infine, la presenza di compost favorisce la crescita di Sorghum bicolor, contribuendo indirettamente alla maggiore rimozione e traslocazione di Pb e Cu in termini assoluti. Le evidenze sperimentali indicano chiaramente come la scelta delle piante e l'uso di ammendanti abbiano un impatto significativo sulla qualità del suolo e sulle comunità microbiche del sito contaminato, nonché sull'efficacia del processo di disinquinamento e, in generale, sulla sostenibilità economica dell'impianto.

Bibliografia:

<https://doi.org/10.1016/j.tibtech.2016.05.005>

<https://doi.org/10.1007/s11157-010-9215-6>

<https://doi.org/10.1016/j.biotechadv.2010.12.001>

<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.118087>

Induzione di fertilità ed interazioni organo-minerali in simulanti di regolite marziana ammendati con compost verde

Antonio Giandonato Caporale^{1*}, Roberta Paradiso¹, Beatrice Giannetta², Luigi Ruggiero¹, Claudio Zaccone², Paola Adamo¹

¹*Dipartimento di Agraria, Università degli Studi di Napoli Federico II, Portici (Napoli)*

²*Dipartimento di Biotecnologie, Università degli Studi di Verona, Verona*

***Autore di riferimento:** Antonio Giandonato Caporale, e-mail ag.caporale@unina.it

Le future missioni spaziali dipenderanno dallo sviluppo di sistemi biorigenerativi di supporto alla vita (BLSS), nei quali sarà necessario utilizzare/riciclare le risorse disponibili in situ e produrre cibo per superare la dipendenza dai rifornimenti terrestri. Il suolo marziano, o regolite, potenzialmente idoneo a supportare la crescita delle piante, è tuttavia privo di sostanza organica e quindi di nutrienti essenziali quali azoto, fosforo e zolfo. Inoltre, la sua tessitura grossolana lo rende incapace di strutturarsi e di trattenere l'acqua. L'ammendamento con compost autoprodotta potrebbe incrementarne la fertilità, rendendolo più simile ad un suolo terrestre. La patata è una specie candidata per le coltivazioni spaziali, con buona produttività e contenuto di carboidrati e nutrienti. In questo studio abbiamo valutato la performance produttiva e la qualità di tuberi di piante di patata (*Solanum tuberosum* L. cv. Colomba) coltivate su sei substrati: simulante di regolite marziana MMS-1, puro (R100) ed in miscela con compost verde commerciale (70:30, v:v; R70C30), sabbia fluviale, pura (S100) o in miscela con compost (S70C30), e due suoli terrestri, uno rosso siciliano (RS) argilloso con pH quasi neutro, ed uno vulcanico campano (VS) franco-sabbioso, sub-alcalino, con una buona dotazione di C organico e nutrienti. L'esperimento è stato condotto a Portici (Napoli) in serra fredda, su piante da mini-tuberi, allevate in vasi da 5 L per tre mesi, con fertirrigazione. Il simulante puro ha determinato una crescita stentata delle piante ed una produzione di tuberi ridotta, in confronto agli altri substrati. La fertilità chimica e fisico-idraulica di R100 e S100, sabbiosi ed alcalini (pH>8.5), è fortemente migliorata con l'aggiunta di compost, consentendo alle piante allevate su R70C30 e S70C30 di raggiungere performance produttive analoghe a quelle ottenute su suoli terrestri (VS in particolare), anche grazie al miglioramento dei parametri fisiologici e fotochimici. A valle della prova, abbiamo valutato nel simulante MMS-1 il ruolo dei minerali (ossidi di Fe, in particolare) nella stabilizzazione della sostanza organica esogena. A tal fine è stato condotto un frazionamento fisico della sostanza organica ottenendo una frazione particolata (POM) ed una chimicamente legata alle componenti minerali (MAOM). Successivamente, su entrambe le frazioni sono state condotte indagini XANES ed EXAFS presso il sincrotrone Elettra di Trieste. I risultati di questo studio forniscono informazioni utili per la messa a punto di substrati di coltivazione a base di regolite marziana e scarti organici compostati, dotati di una buona fertilità fisica e chimica, capaci di assicurare produzioni alimentari sostenibili in futuri BLSS marziani.

Betacianine in *Beta vulgaris*: la disponibilità di azoto influenza la risposta allo stress salino?

Costanza Ceccanti^{1*}, Giulia Lauria¹, Ermes Lo Piccolo², Anna Davini¹, Marco Landi¹,
Susanna Della Posta³, Sara Cimini³, Chiara Fanali³, Laura De Gara³, Lucia Guidi¹

¹*Dipartimento di Scienze Agrarie, Alimentari e Agro-ambientali, Università di Pisa, Pisa, Italia*

²*Dipartimento di Scienze e Tecnologie Agrarie, Alimentari, Ambientali e Forestali,
Università degli Studi di Firenze, Firenze, Italia*

³*Dipartimento di Scienze e Tecnologie per lo Sviluppo Sostenibile e One Health,
Università Campus Bio-Medico di Roma, Roma, Italia*

***Autore di riferimento:** Costanza Ceccanti, e-mail costanza.ceccanti@unipi.it

Le betacianine sono pigmenti sintetizzati esclusivamente da piante appartenenti all'ordine delle Caryophyllales. Per il colore rosso e la forma glicosilata, le betacianine sono ecologicamente comparate con le antocianine. Nonostante ciò, la presenza di azoto (N) nella struttura molecolare delle betacianine risulta in contraddizione con il loro accumulo in piante cresciute in suoli poveri di N. Nel presente esperimento, *Beta vulgaris* L. var. Bull's blood (con foglie rosse; RB) e *B. vulgaris* L. var. Robuschka (con foglie verdi capaci di accumulare betaciani, VB) sono state coltivate in idroponica, sottoposte a stress salino (150 mM) e trattate con differenti concentrazioni di N (0, 10, 40 mM NH₄NO₃, rispettivamente -N, Cnt e +N) con lo scopo di valutare l'impatto della disponibilità di N sullo stress salino. Dopo 15 giorni dall'inizio del trattamento sono stati valutati: la produzione e le misure biometriche, gli scambi gassosi, il contenuto di pigmenti, dei markers di stress ossidativo (H₂O₂ e perossidazione lipidica), dei principali metaboliti antiossidanti (glutazione e acido ascorbico) e degli elementi Na, Cl e N. I dati di produzione delle piante RB mostravano una riduzione durante i trattamenti -N (-46.9%) e +N (-39.9%) rispetto a Cnt, in piante non salate. Invece, nessuna variazione della produzione totale veniva mostrata dalle piante VB, indipendentemente dal trattamento. In questa varietà, nessuna differenza significativa è stata riscontrata anche in termini di concentrazione intercellulare di CO₂ nel trattamento -N rispetto a Cnt, nonostante nelle stesse piante si verificasse una riduzione di fotosintesi netta e conduttanza stomatica. Lo stesso pattern è risultato evidente anche in piante RB in carenza di N e non trattate con NaCl. Sempre nelle piante RB, il contenuto in betacianine risultava maggiore (+27.5%) in +N rispetto a Cnt e diminuiva (-71.5%) con il trattamento salino in questi stessi trattamenti. Diversamente, le piante VB mostravano un aumento del contenuto di betacianine in piante -N e +N rispetto a Cnt. Il livello dei markers di stress ossidativo e di metaboliti antiossidanti mostrava variazioni significative in grado di spiegare determinate risposte fisiologiche. Tale esperimento ha dimostrato come il trattamento salino non sia per la specie *B. vulgaris* una fonte di stress ossidativo e che la carenza/eccesso di N porti all'accumulo di betacianine, molecole il cui ruolo deve essere indagato ulteriormente. Inoltre, l'origine metabolica di N utilizzato per la sintesi di betacianine quando esse si trovano in carenza di questo elemento rimane un fattore degno di approfondimento.

Distillato di legno, un possibile alleato per alleviare gli effetti negativi della bioplastica in basilico?

Silvia Celletti^{1*}, Riccardo Fedeli¹, Majid Ghorbani¹, Stefano Loppi^{1,2}

¹*Department of Life Sciences, University of Siena, Via P. A. Mattioli 4, 53100, Siena, Italy*

²*Interuniversity Center for Studies on Bioinspired Agro-Environmental Technology (BAT Center), University of Naples "Federico II", 80138, Napoli, Italy*

***Autore di riferimento:** Silvia Celletti, e-mail silvia.celletti@unisi.it

In agricoltura, la bioplastica ha ottenuto una notevole attenzione come alternativa ecosostenibile alla plastica, allineandosi agli Obiettivi di Sviluppo Sostenibile delineati nell'Agenda 2030 delle Nazioni Unite. Tuttavia, l'ampio utilizzo della bioplastica e i potenziali effetti negativi dei suoi residui sul suolo e sulle colture richiede un'indagine approfondita delle sue implicazioni ambientali. Questo studio si propone di valutare i potenziali effetti dell'utilizzo di una bioplastica a base di amido di mais su piante di basilico (*Ocimum basilicum* L.) e di esplorare l'efficacia del distillato di legno (WD), un potenziatore naturale della crescita e della difesa delle piante, nel mitigare i possibili effetti negativi della bioplastica. Le piante sono state cresciute per 35 giorni in un suolo trattato con WD, bioplastica o una combinazione di entrambi. Sono stati analizzati i cambiamenti fisiologici e biochimici nella parte aerea delle piante, riguardanti le misurazioni della biomassa fresca, del contenuto di clorofilla, proteine, zuccheri solubili, vitamina C e del livello di perossidazione lipidica, in termini di contenuto di malondialdeide (MDA). I risultati hanno mostrato che il WD influenzava positivamente la crescita del basilico, mentre la presenza della bioplastica aveva un impatto negativo, come indicato dall'aumento del contenuto di MDA. È interessante notare che il WD non aveva alcun effetto sul contenuto degli zuccheri, ma contribuiva ad aumentare il contenuto di vitamina C. Questo risultato è vantaggioso, in quanto le variazioni del contenuto degli zuccheri possono essere degli indicatori di stress della pianta. Al contrario, la presenza di bioplastica determinava una riduzione del contenuto degli zuccheri, mentre il contenuto di vitamina C rimaneva invariato. Questa differenza potrebbe essere attribuita al fatto che la riduzione del contenuto degli zuccheri non raggiungeva la soglia necessaria per una riduzione significativa del contenuto di vitamina C. Il trattamento combinato di WD e bioplastica attenuava efficacemente gli effetti negativi della bioplastica sulla crescita del basilico, tranne che per la riduzione dei contenuti degli zuccheri e vitamina C. In questo caso, la correlazione osservata tra zuccheri e vitamina C può essere attribuita al raggiungimento di una soglia critica di riduzione del livello degli zuccheri. Lo studio evidenzia la potenzialità del WD come prodotto efficace per la bonifica di suoli contaminati da bioplastica. Tuttavia, sono essenziali ulteriori ricerche per comprendere appieno i meccanismi alla base dell'interazione tra il WD e la bioplastica, esaminando varie specie di piante, in diversi tipi di suolo trattati con diversi tipi e dosaggi di bioplastiche.

Investigation of morphological, physiological and metabolic plants response under different abiotic stresses combinations

Marco A. De Gregorio^{1*}, Elena Secomandi^{1,2}, Luigi Lucini¹

¹*Department for Sustainable Food Process, Università Cattolica del Sacro Cuore,
Via Emilia Parmense 84, 29122 Piacenza, Italy*

²*University School for Advanced Studies IUSS Pavia, Piazza della Vittoria, 15 – 27100 Pavia (PV)*

Keywords: metabolomic, stress-marker, abiotic stresses, multi-stresses, *A. thaliana*

Fra i problemi legati all'aumento della popolazione globale, la necessità di trovare strategie per garantire un sufficiente approvvigionamento alimentare risulta una delle principali sfide in agricoltura. In questo già complicato scenario si aggiunge il problema del cambiamento climatico che sta mettendo sempre più a rischio la produzione agricola. Infatti, le colture sono sempre più sofferenti a causa dell'aumento della salinità del suolo, della siccità o delle improvvise alluvioni, o ancora degli improvvisi sbalzi di temperatura, che limitano fortemente la crescita delle piante sia da un punto di vista dello sviluppo che della resa produttiva. Il presente lavoro si colloca quindi in questo scenario. L'obiettivo è stato l'identificazione di specifici marcatori molecolari attribuibili a determinati stress abiotici, sia singoli che combinati, sulla pianta modello *Arabidopsis thaliana*. Gli stress singoli analizzati sono stati: siccità, caldo, freddo, salinità e alluvione. Per caratterizzare la risposta metabolica delle piante sono stati utilizzati approcci differenti basati sull'analisi di parametri fotosintetici e fisiologici, saggi enzimatici e analisi metabolomiche targeted e untargeted. La valutazione dell'attività fotosintetica e di possibili variazioni della biomassa è stata effettuata tramite il PlantScreen SC System (PSI) basato sull'integrazione di una camera RGB e una camera a fluorescenza. I saggi enzimatici effettuati hanno indagato la stabilità della membrana e la presenza di ROS, mentre per la quantificazione di alcuni marcatori molecolari come GABA, prolina e Glicinabetaina è stato usato un approccio di metabolomica targeted. Infine, le differenze tra i vari trattamenti a livello metabolico sono state complessivamente indagate con un approccio di metabolomica untargeted. I risultati di tutte le analisi svolte hanno mostrato che non tutti gli stress causano lo stesso tipo di risposta. Gli stress con effetti più marcati sulle piante sono stati principalmente il flooding e le sue relative combinazioni e secondariamente lo stress salino e le possibili combinazioni. Effetti meno forti sono stati rilevati in piante sottoposte a stress da siccità, caldo e freddo. Il riconoscere alcuni marcatori in modo repentino, e il correlarli a specifiche condizioni di stress, è uno strumento importante per facilitare la tutela delle produzioni vegetali. Allo stesso tempo ulteriori studi basati su questi risultati sono necessari per facilitare l'implementazione di strategie di mitigazione degli effetti dannosi sulle colture, fra cui, in primo luogo, l'utilizzo di appropriati biostimolanti.

Valorizzazione della sansa d'olivo: nanoparticelle di lignina come biostimolante in piante di mais

Ciro Tolisano, Francesca Luzi, Luca Regni, Primo Proietti, Debora Puglia,
Giovanni Gigliotti, Alessandro Di Michele, Dario Priolo, Daniele Del Buono*

***Autore di riferimento:** Daniele Del Buono, e-mail daniele.delbuono@unipg.it

Nei prossimi anni, l'agricoltura si troverà sempre più a doversi confrontare con numerose sfide, quali il cambiamento climatico, la crescente domanda alimentare su scala planetaria, la cogente necessità di ridurre le emissioni di sostanze inquinanti e la gestione sempre più problematica e complessa di ingenti quantitativi di rifiuti. In questo contesto, il presente studio è stato incentrato sulla valorizzazione della sansa, uno scarto della spremitura delle olive contenente sostanze che possono essere recuperate e utilizzate in agricoltura, attraverso un approccio di tipo bio-raffineria. La ricerca pertanto ha avuto come obiettivo quello di ottenere lignina e nanoscalarla (LNPs), per poi utilizzare tali nanoparticelle per trattare piante di mais, in quanto recenti studi hanno dimostrato come tale biopolimero possa promuovere effetti positivi. Al fine di ottenere la lignina in forma nanoparticellare (LNP), la sansa è stata trattata mediante una procedura basata sull'utilizzo di un liquido ionico (IL - [Et3NH][HSO4]) composto da trietilammina e acido solforico, contenente acqua a diverse concentrazioni (5%, 10% e 20%). Attraverso tale metodica, che è stata messa a punto per la biomassa in questione, sono state ottenute LNP poi caratterizzate mediante spettroscopia infrarossa di Fourier (FT-IR), microscopia elettronica a scansione (FE-SEM) e analisi termo-gravimetrica (TGA). Il rapporto 95% IL - 5% H2O ha consentito di ottenere LNP che manifestavano un maggior grado di purezza, una resa più alta e una morfologia migliore. Tali LNP sono poi state ulteriormente investigate mediante spettroscopia EDX e potenziale Zeta (ξ), al fine di valutare proprietà superficiali e composizione chimica delle particelle ottenute. Le LNP sono state poi applicate su piante di mais per via fogliare, a differenti concentrazioni (25, 50 e 200 mg L⁻¹). Le LNP hanno generalmente indotto l'attività fotosintetica, migliorato la conduttanza stomatica e determinato una riduzione della concentrazione cellulare di CO₂. Inoltre, sono stati riscontrati incrementi nella produzione di biomassa e nel contenuto di pigmenti. Infine, lo studio dello stato redox cellulare ha mostrato che i dosaggi più bassi di LNP non causavano stress di tipo ossidativo, ma invece manifestavano degli effetti migliorativi. In conclusione, questo studio apre una nuova strada per la valorizzazione della sansa di oliva ottenendo lignina nano-scalata, un materiale sostenibile e biobased con un'interessante azione biostimolante. Questo lavoro di ricerca è stato realizzato nell'ambito del progetto PRIMA 4BIOLIVE e del progetto NextGenerationEU (MUR) - Ecosistema per l'Innovazione VITALITY.

Valutazione dell'attività sinergica di un biostimolante a base di estratti di *Ascophyllum nodosum* e di un inibitore della nitrificazione sulla riduzione delle perdite d'azoto e sulla resa agricola di piante di *Solanum lycopersicum*

Gianmarco Del Vecchio^{1*}, Pier Paolo Becchi¹ e Luigi Lucini¹

¹*Università Cattolica Del Sacro Cuore*

***Autore di riferimento:** Gianmarco Del Vecchio

Il ciclo dell'azoto è stato significativamente alterato negli ultimi decenni a causa dell'uso intensivo di fertilizzanti sintetici a base d'azoto. La maggior parte dell'azoto reattivo prodotto da tali fertilizzanti non viene assorbito dalla pianta ma viene perso, sotto forma di diverse molecole, per lisciviazione, erosione e volatilizzazione. Pertanto, trovare delle soluzioni a questo problema è diventato cruciale per la salvaguardia dell'ambiente, ma può essere anche un'opportunità per tentare di aumentare, con nuovi approcci, la resa delle colture. Nello specifico, le pratiche sostenibili di gestione dell'azoto sono mirate a ridurre le perdite di azoto dai terreni agricoli all'ambiente e a migliorare l'efficienza d'uso dell'azoto (NUE). Al giorno d'oggi, esistono diversi approcci capaci di migliorare l'efficienza dei sistemi a base d'azoto in agricoltura che differiscono dall'uso classico dei fertilizzanti. Queste tecnologie includono gli stabilizzatori dell'azoto che sono in grado di ridurre le perdite d'azoto dovute all'utilizzo dei fertilizzanti, mantenendo costantemente disponibile tale nutriente per le piante. Tra la vasta gamma di stabilizzatori d'azoto presenti sul mercato, gli inibitori dell'azoto rappresentano una delle soluzioni più diffuse nel settore agrario. Un esempio sono i prodotti a base di DMPP (3,4-dimetilpirazolo-fosfato), che vengono utilizzati in combinazione con fertilizzanti chimici o liquami. Questa molecola è in grado di ritardare la conversione dello ione ammonio in nitriti e nitrati andando ad inibire l'azione dei batteri *Nitrosomonas* e *Nitrobacter*. La sua azione permette anche di proteggere l'azoto dalle perdite dovute alla lisciviazione dei nitrati e alle emissioni di ossido d'azoto. Un altro approccio comunemente utilizzato per cercare di ridurre le perdite d'azoto è l'utilizzo dei biostimolanti, una vasta gamma di sostanze e/o microrganismi in grado di migliorare alcuni aspetti critici per la pianta come l'efficienza d'uso dei nutrienti, la tolleranza allo stress abiotico e la disponibilità di nutrienti confinati nel suolo e nella rizosfera. Gli estratti ottenuti da *Ascophyllum nodosum* sono tra i biostimolanti più utilizzati e ampiamente impiegati in agricoltura. In questo progetto si vuole valutare l'attività di un biostimolante a base di *A.nodosum* in associazione ad un inibitore della nitrificazione a base di DMPP per osservare se questi due approcci abbiano un effetto sinergico sia sulla riduzione delle perdite d'azoto sia sulla resa di *Solanum lycopersicum*. L'effetto combinato sarà esaminato mediante diverse analisi, come la valutazione delle forme d'azoto all'interno del terreno e le analisi metabolomiche untarget su foglie e radici al fine di valutare differenze significative tra piante trattate e non trattate.

Effetti della sericina sulla crescita, sull'acquisizione dei nutrienti e nella risposta allo stress idrico in vite (*Vitis* spp L.)

Muratore Chiara, Tambone Fulvia, Prinsi Bhakti, Espen Luca*

*Dipartimento di Scienze Agrarie e Ambientali - Produzione, Territorio, Agroenergia,
Università degli Studi di Milano, via Celoria 2, I-20133 Milano, Italia.*

***Autore di riferimento:** Luca Espen, e-mail luca.espen@unimi.it

La lavorazione della seta prevede la rimozione della sericina, che rappresenta circa il 20-30% delle proteine presenti nel filamento grezzo. Questa proteina, rimossa mediante un trattamento a caldo in presenza di detersivi (la sgommatura), viene diluita in grandi volumi di acqua diventando uno scarto che richiede onerose procedure di depurazione. Alcune esperienze preliminari, oltre a considerazioni derivanti dalle caratteristiche chimico-fisiche della proteina, suggeriscono un suo possibile impiego in agricoltura come biostimolante. Partendo da queste considerazioni, è stato avviato uno studio su piante di vite rivolto all'analisi dei possibili effetti della sericina sulla capacità di crescita, sull'acquisizione dei nutrienti minerali e sulla capacità di risposta allo stress idrico. La scelta di studiare questi aspetti è legata al fatto che questa proteina ha mostrato la capacità di legare alcuni nutrienti minerali in forma cationica, oltre ad essere in grado di aggregarsi sulle superfici, quali quelle fogliari. Per l'aspetto nutrizionale, soluzioni allo 0,25% di sericina sono state somministrate al suolo, mentre per l'effetto durante lo stress idrico, il medesimo preparato è stato nebulizzato sulle foglie. Lo studio è stato condotto sulla cv. Chardonnay allevata in vaso in un substrato composto per il 30% di terriccio e il 70% di sabbia e sul portainnesto 196.17 (*Vitis vinifera* x Berlandieri) prodotto dai Vivai Rauscedo, allevato in vaso su un suolo a tessitura franco-argillosa e un pH moderatamente alcalino. Entrambi i genotipi sono stati allevati in serra su substrati fertilizzati e non, e in assenza o in presenza di sericina. Le prove hanno evidenziato che il trattamento con sericina aumentava la biomassa della parte aerea. Attraverso analisi ICP-MS e LC-UV si è quindi proceduto all'analisi ionica al fine di investigare gli effetti sullo stato nutrizionale della pianta. L'induzione di stress idrico nella cv. Chardonnay evidenziava inoltre alcuni effetti positivi della sericina. Sebbene l'attività fotosintetica (A_n) e la traspirazione (g_s) diminuissero progressivamente all'intensificarsi dello stress, in condizioni di medio stress nelle piante trattate con sericina il Ψ_{H_2O} fogliare risultava meno negativo, suggerendo un effetto protettivo di questa proteina.

Finanziamento: progetto SILKROP finanziato dalla Fondazione CARIPLO (Milano), Call Circular Economy for a sustainable future - 2021, grant number: 2021-0665.

Effetti di ceneri piroclastiche etnee sul sistema suolo/pianta in coltivazione di fragola e lattuga

Giulia Lauria^{1*}, Ermes Lo Piccolo², Gianluca Santonocito¹, Irene Rosellini³, Costanza Ceccanti¹,
Beatrice Pezzarossa³, Gabriele Barbieri¹, Anna Davini¹, Andrea Baglieri⁴,
Vito Armando Laudicina⁵, Lucia Guidi¹, Marco Landi¹

¹*Dipartimento di Scienze Agrarie, Alimentari e Agro-ambientali, Università di Pisa, Pisa, Italia.*

²*Dipartimento di Scienze e Tecnologie Agrarie, Alimentari, Ambientali e Forestali, Università degli Studi di Firenze, Sesto Fiorentino, Firenze, Italia.*

³*Istituto di Ricerca sugli Ecosistemi Terrestri, Consiglio Nazionale delle Ricerche (CNR), Pisa, Italia.*

⁴*Dipartimento di Agricoltura, Alimentazione e Ambiente, Università di Catania, Catania, Italia.*

⁵*Dipartimento di Scienze Agrarie, Alimentari e Forestali, Università di Palermo, Palermo, Italia.*

***Autore di riferimento:** Giulia Lauria, e-mail giulia.lauria@phd.unipi.it

Le ceneri piroclastiche sono frammenti solidi provenienti da eruzioni vulcaniche di dimensioni inferiori a 2 mm. In zone urbane situate in prossimità di vulcani, l'accumulo di ceneri piroclastiche rappresenta una problematica importante poiché ai fini dello smaltimento sono considerate rifiuti speciali, comportando costi di smaltimento elevati. Nell'ottica di un'economia circolare, ma in un contesto di sicurezza del consumatore, in questo studio è stata vagliata la possibilità di riutilizzare le ceneri piroclastiche etnee come ammendante. A tale scopo è stato utilizzato un suolo agricolo a cui è stata addizionata 10% o 20% (v/v) di cenere piroclastica. Su questi substrati sono state coltivate in vaso due specie di notevole interesse ortofrutticolo, quali la fragola (*Fragaria × ananassa* Duch) e la lattuga (*Lactuca sativa* L.). Sono state effettuate analisi chimico-fisiche sul suolo ed analisi fisiologiche, produttive e qualitative sulle piante. Inoltre, per entrambe le specie, è stata effettuata una prova di stress idrico per valutare la risposta delle piante allo stress in presenza dell'ammendante. Dai risultati ottenuti è emerso un ridotto contenuto di metalli in traccia (come Cd, Cr, Ni e Pb) nelle foglie e nei frutti, rispettivamente, di piante di lattuga e fragola coltivate sugli stessi suoli. Inoltre, l'aggiunta di ammendante, ha modificato la tessitura dei substrati di coltivazione. Da un punto di vista fisiologico e biochimico, l'aggiunta dell'ammendante non ha influenzato il tasso fotosintetico netto delle due piante testate. Anche nella prova di stress idrico, non sono state osservate variazioni fisiologiche ad eccezione di un decremento del tasso fotosintetico nelle piante di lattuga con 20% di cenere nel substrato; e nelle piante di fragola dove si è osservata una riduzione del water use efficiency e alcuni parametri connessi alla fluorescenza della clorofilla a (i.e. Fv/Fm e Performance Index) quando cresciute con l'aggiunta del 10% di cenere. Dall'altro lato, un incremento di antociani (+28%) nei frutti di fragola ed un aumento di flavonoidi (+40%) nelle piante di lattuga sono stati osservati nel trattamento al 20% di ceneri rispetto al controllo. Questi risultati avallano l'utilizzo di ceneri piroclastiche come possibili ammendanti, in un percorso virtuoso in grado di ridurre i costi di smaltimento delle ceneri e allo stesso tempo stimolare la produzione di alcuni metaboliti secondari di interesse alimentare, senza precludere la sicurezza del consumatore.

Studio delle risposte fisiologiche e proteomiche in risposta alla sericina in germogli di ravanella

Chiara Muratore*, Fabrizio Araniti, Luca Espen, Bhakti Prinsi

*Dipartimento di Scienze Agrarie e Ambientali - Produzione, Territorio, Agroenergia,
Università degli Studi di Milano, via Celoria 2, I-20133 Milano, Italia.*

***Autore di riferimento:** Chiara Muratore, e-mail chiara.muratore@unimi.it

La sericina è una proteina prodotta dal baco da seta (*Bombyx mori*) che, insieme alla fibroina, forma la struttura delle fibre di seta. Durante la lavorazione della seta grezza, la sericina viene scartata attraverso un processo noto come degumming. Tuttavia, negli ultimi anni, c'è stato un crescente interesse nel recupero e riutilizzo di questi scarti per varie applicazioni, grazie alle proprietà positive della sericina, tra cui biocompatibilità, biodegradabilità, proprietà gelificanti, chelanti, antiossidanti, antimicrobiche e di assorbimento UV. Queste qualità conferiscono potenzialità interessanti per l'utilizzo di formulazioni a base di sericina in ambito agrario, al fine di promuovere la crescita delle coltivazioni e la resilienza agli stress abiotici. La presente ricerca si pone l'obiettivo di valutare aspetti fisiologici, biochimici e metabolici in risposta a trattamenti a base di sericina in germogli di ravanella (*Raphanus sativus* L.). Gli esperimenti sono stati eseguiti utilizzando soluzioni madre di sericina derivanti dall'industria tessile, stabilizzate mediante l'aggiunta di benzoato di sodio (0,3% w/v). Dopo due giorni di germinazione al buio a 26°C, i germogli sono stati allevati in piastre quadrate da laboratorio (24,5 x 24,5 x 2,5 cm) aperte, posizionando la radichetta fra due doppi strati di carta da filtro, e ricoprendo la piastra in modo che la sola parte aerea del germoglio fosse esposta alla luce. Le piastre sono state trattate con 100 ml di soluzione nutritiva completa, tal quale o con l'aggiunta di benzoato di sodio, oppure con una soluzione di sericina opportunamente diluita (0,25%). Sono stati effettuati un primo trattamento al momento del trasferimento in piastra e un secondo trattamento dopo 7 giorni di crescita in fitotrone in condizioni controllate. Dopo 9 giorni, i germogli trattati con sericina hanno mostrato una biomassa radicale inferiore di circa il 20%, con modifiche della morfologia radicale, e un aumento della biomassa fogliare di circa il 70% rispetto ai controlli, suggerendo un effetto biostimolante della soluzione di sericina. Per investigare questo aspetto, sono stati analizzati i proteomi totali delle radici attraverso GeLC-MS/MS (Gel Liquid Chromatography-Mass Spectrometry). L'analisi, permettendo la quantificazione di circa 200 proteine, ha messo in luce cambiamenti nell'abbondanza di proteine coinvolte in diversi pathway metabolici, fra cui il metabolismo del carbonio, dell'azoto e la risposta a stress, fornendo le basi per futuri approfondimenti.

Finanziamento: progetto SILKROP finanziato dalla Fondazione CARIPLO (Milano), Call Circular Economy for a sustainable future - 2021, grant number: 2021-0665.

**Risultati preliminari sull'utilizzo di hydrogel caricati con glucorafano e
sulforafano per prodotti di IV gamma (*Lactuca sativa* L.)**

Pasquale Napoletano*, Marika De Angelis, Erika Di Iorio, Francesco Lopez, Stefano Marino, Claudio Colombo

*Dipartimento di Agricoltura, Ambiente e Alimenti, Università degli Studi del Molise, 86100
Campobasso, Italy*

***Autore di riferimento:** Pasquale Napoletano, e-mail pasquale.napoletano@unimol.it

Riassunto

Gli hydrogel sono impiegati in agricoltura come prodotti biodegradabili che favoriscono la crescita delle piante agricole e la qualità dei suoli. Questi materiali, definiti "superassorbenti", sono costituiti da polimeri legati a gruppi idrofilici in grado di assorbire elevate quantità di acqua senza subire modifiche morfologiche e strutturali e, alcuni, sono in grado di rilasciare acqua e/o molecole organiche nel tempo. La velocità di rilascio dei composti è variabile e ciò può essere sfruttato in agricoltura per specifiche gestioni o esigenze nutrizionali delle colture impiegate. In questa ricerca sono stati impiegati polimeri a base di cellulosa (C) che, nelle sue diverse forme inclusa quella carbossimetilata (CMC), e per la sua elevata versatilità, possono essere utilizzate in diverse formulazioni per applicazioni agricole su larga scala. Questi polimeri, infatti, possono essere impiegati per veicolare composti di origine naturale su prodotti di IV gamma, per limitare la crescita di infestanti e infezioni fungine. Considerata l'elevata innovazione degli hydrogel, è necessaria una caratterizzazione in termini ecotossicologici e una valutazione del grado di degradazione degli stessi. In quest'ottica, lo scopo della seguente ricerca è stata quella di valutare gli effetti di alcuni hydrogel quali CMC, CMC caricato con Fe e glucorafano (CMC-Fe+GLR) e CMC caricato con Fe e sulforafano (CMC-Fe+SLR) a diverse concentrazioni (0.1, 0.2 e 0.4 g) e tempi (0, 72, 144 e 216 h) sulla germinazione di *Lactuca sativa* L., monitorando i principali parametri legati alla risposta del seme e alle radici. Un'analisi degli hydrogel attraverso microscopia a scansione elettronica (SEM) è stata eseguita per poter valutare i cambiamenti della microstruttura a fine sperimentazione (dopo 216 h). I risultati mostrano un'interessante risposta della lattuga a CMC-Fe+GLR e CMCFe+ SLR rispetto al controllo CMC e acqua, che varia a seconda della concentrazione e del tempo. I valori dell'allungamento radicale e dell'indice di germinazione dei trattati sono significativamente diversi rispetto alla tesi trattata con acqua, coerentemente con il variare della quantità di polimeri somministrata. L'analisi microstrutturale al SEM evidenzia cambiamenti nella superficie esterna dei hydrogel dopo 216 h, con evidenti attacchi fungini e batterici causati dal rilascio dei principi attivi che hanno indotto specifiche risposte nella comunità microbica del suolo. In conclusione, questa prima indagine mette in luce le potenzialità e le criticità di questi polimeri di poter essere utilizzati in agricoltura.

Bioaccessibilità del potassio in ortaggi sottoposti a differenti modalità di cottura

Costanza Ceccanti^{1,2}, Federica Narra^{1*}, Marco Landi^{1,2}, Adamasco Cupisti^{3,2},
Claudia D'Alessandro³, Lucia Guidi^{1,2}

¹*Dipartimento di Scienze Agrarie, Alimentari e Agroambientali, Università di Pisa, 56124 Pisa, Italia*

²*Centro di Ricerca Interdipartimentale Nutrafood "Nutraceuticals and Food for Health", Università di Pisa, 56124 Pisa, Italia*

³*Dipartimento di Medicina Clinica e Sperimentale, Università di Pisa, 56126 Pisa, Italia*

***Autore di riferimento:** Federica Narra, e-mail federica.narra@phd.unipi.it

Per i pazienti che soffrono di iperkaliemia la gestione della dieta risulta essere un aspetto importante. Attualmente, però, il crescente utilizzo di diete vegetariane o vegane sta destando una crescente preoccupazione a causa dell'incremento delle concentrazioni di potassio presenti negli alimenti vegetali assunti dai pazienti con malattie renali. L'obiettivo di questo studio è stato quello di valutare la bioaccessibilità del potassio di alcuni ortaggi, frutti e legumi come cicoria, cavolfiore, spinaci, piselli, zucchine, carote, patate, kiwi, avocado, banana, pomodoro, piselli e fagioli sottoposti a due modalità di bollitura: inserendo l'ortaggio in acqua bollente (AC) oppure inserendo l'ortaggio in acqua fredda (AF) portata successivamente a bollore. Sui prodotti sono state quindi effettuate prove di bioaccessibilità del potassio nell'organismo umano attraverso una simulazione in vitro della digestione gastrointestinale. Il contenuto di potassio è risultato più elevato negli ortaggi da seme e da foglia, nonostante non sia stato possibile definire un "trend" comune in base al tipo di organo della pianta. I trattamenti AF e AC hanno ridotto il contenuto di potassio in tutti gli ortaggi, ad eccezione della carota, della zuccina e del cavolfiore; il trattamento AF ha, invece, ridotto significativamente il contenuto in potassio bioaccessibile nelle patate (-59%), nei piselli (-71%) e nei fagioli (-31%) rispetto agli ortaggi crudi. La bioaccessibilità dopo la digestione in vitro variava dal 12% (piselli) al 93% (pomodoro) negli ortaggi crudi. La bioaccessibilità più elevata, negli ortaggi crudi, è stata riscontrata nel pomodoro (93%), negli spinaci (92%), nelle zucchine (90%), nel kiwi (79%), nella cicoria (69%) e nel cavolfiore (69%), mentre quella più bassa nei piselli (12%). I risultati del presente esperimento indicano che la concentrazione di potassio in alimenti di origine vegetale può essere ridotta a seconda delle modalità di cottura e che la ridotta bioaccessibilità in fase gastrointestinale di questo elemento non risulta essere correlata con la cottura.

Discriminazione degli isotopi stabili dello zolfo in piante di riso esposte a cadmio

Michele Pesenti, Noemi Negrini, Giorgio Lucchini, Fabio Francesco Nocito*

***Autore di riferimento:** Fabio Francesco Nocito, e-mail fabio.nocito@unimi.it

Lo zolfo svolge un ruolo essenziale nei processi di detossificazione cellulare del cadmio e nel controllo della sua distribuzione sistemica all'interno della pianta. L'esposizione a cadmio determina infatti una profonda alterazione del metabolismo dello zolfo che si manifesta con aumenti della capacità delle radici di assumere solfato dal mezzo di crescita e di assimilarlo in composti organici fondamentali nella chelazione e ritenzione radicale del cadmio, nonché nella mitigazione di stress ossidativi relazionati all'accumulo del metallo stesso. Recenti lavori svolti da questo gruppo di ricerca hanno mostrato che le radici delle piante di riso sono capaci di discriminare gli isotopi stabili dello zolfo, operando quindi frazionamenti isotopici ($^{32}\text{S}/^{34}\text{S}$) durante i processi di assorbimento del solfato. L'entità della discriminazione è funzione della condizione nutrizionale delle piante, riflette i rapporti relativi fra l'espressione di due trasportatori del solfato (OsSULTR1;1 e OsSULTR1;2) coinvolti nell'assorbimento del nutriente e tende a diminuire in condizioni di limitata disponibilità di solfato. Gli studi hanno inoltre dimostrato il potenziale dell'analisi $^{32}\text{S}/^{34}\text{S}$ nella caratterizzazione dei processi metabolici e molecolari coinvolti nell'acquisizione e nell'omeostasi dello zolfo, dal momento che la separazione degli isotopi stabili conserva la memoria delle attività fisiologiche e metaboliche che le hanno generate. Lo scopo del presente studio è quello di caratterizzare il frazionamento degli isotopi stabili dello zolfo durante l'acquisizione dello ione solfato, ai fini di costruire un modello dei flussi sistemici di zolfo (root-to-shoot e shoot-to-root) utile a valutare i rapporti quantitativi esistenti fra l'assimilazione del solfato nelle radici e nelle porzioni aeree di piante di riso esposte a cadmio. L'assunzione di cadmio, infatti, inducendo un rapido accumulo di tioli non proteici nella radice, determina uno spostamento dei rapporti source-sink relativi alle forme assimilate dello zolfo, che necessita di essere quantificato e meglio descritto.

Contenimento dell'accumulo di nitrato in ipocotili di ravanello (*Raphanus sativus* L.)

Michele Pesenti*, Giorgio Lucchini, Noemi Negrini, Chiara Muratore, Bhakti Prinsi,
Fabio Francesco Nocito, Luca Espen

***Autore di riferimento:** Michele Pesenti, e-mail michele.pesenti@unimi.it

Nitrato ed ammonio rappresentano le principali fonti di azoto inorganico per la crescita delle piante. Nei suoli aerobici il nitrato costituisce la principale fonte di azoto inorganico per la maggioranza delle piante coltivate. La sua assimilazione richiede ATP e potere riducente e risulta energeticamente più onerosa se paragonata a quella dell'ammonio. Tuttavia, nonostante queste differenze, molte specie di interesse agrario sono sensibili all'ammonio, soprattutto quando questo è somministrato come unica fonte di azoto inorganico. Diversi lavori hanno però evidenziato che la severità dello stress da ammonio risulta inversamente correlabile alla disponibilità di nitrato quando quest'ultimo è fornito contemporaneamente al primo nel mezzo di crescita delle piante, sottolineando possibili interazioni e sinergie fra i due ioni che si manifestano a livello di assorbimento, assimilazione e ripartizione dell'azoto fra i diversi organi della pianta. Il progetto presentato si propone di analizzare gli effetti della somministrazione di ammonio e nitrato in diversi rapporti stechiometrici su parametri fisiologici e molecolari di radici, foglie e ipocotile, di ravanello, in relazione alla concentrazione di nitrato nelle porzioni edibili della pianta, allo scopo di contenerne l'eccessivo accumulo. Infatti, il consumo di prodotti orticoli contribuisce significativamente (70-90%) all'assunzione giornaliera di nitrato, e la sua eccessiva presenza nella dieta potrebbe avere ripercussioni negative sulla salute dell'uomo.

Ricerca finanziata dal progetto "ON Foods - Research and innovation network on food and nutrition Sustainability, Safety and Security – Working ON Foods", Spoke 3.

Effetto di trattamenti fogliari con biopolimeri ottenuti da digestato su piante di lattuga

F. Fragalà, E. La Bella, E. Salvagno*, R. Saccone, S. Terrazzino, S. Lombardo, E. Padoan,
E. Montoneri I., Puglisi, & A. Baglieri

***Autore di riferimento:** Erika Salvagno, e-mail erika.salvagno@yahoo.it

Le biomasse di scarto possono essere utilizzate come materie prime alternative ai combustibili fossili e alle colture da biomassa, che sottraggono suolo alle colture alimentari, per produrre biocarburanti e bioprodotto sostenibili per l'agricoltura. L'obiettivo principale di questo studio è stato quello di valutare il potenziale effetto biostimolante di biopolimeri (BPs), ottenuti per idrolisi alcalina di digestato residuo da un impianto di biogas alimentato con frazione organica di rifiuti solidi urbani, su piantine di lattuga attraverso applicazioni fogliari. La sperimentazione è stata condotta utilizzando sia i BPs tal quali che quelli sottoposti ad ossidazione, mediante trattamento con ozono (BPs ox). Le piantine di lattuga sono state coltivate in serra per 40 giorni e sono state soggette ai seguenti trattamenti: 10 ppm BPs, 100 ppm BPs, 1000 ppm BPs, 10 ppm BPs ox, 100 ppm BPs ox, e 1000 ppm BPs ox. Le somministrazioni di ciascun trattamento sono state effettuate per via fogliare subito dopo il trapianto, e ripetute con cadenza quindicinale. I trattamenti sono stati integrati alla normale fertilizzazione utilizzata per la coltivazione della lattuga. Al termine della prova sperimentale, l'effetto biostimolante dei biopolimeri è stato valutato monitorando i parametri morfo-biometrici delle piantine e i contenuti in clorofille, carotenoidi e proteine totali. Sono stati inoltre dosati alcuni enzimi chiave coinvolti nel metabolismo primario dell'azoto (nitrato reductasi, glutammina sintasi e glutammato sintetasi). Dai risultati ottenuti si evince un aumento generalizzato dei parametri analizzati, manifestando potenziali effetti biostimolanti dei BPs e BPs ox somministrati per via fogliare.

**Traslocazione segale-frumento 1RS.1BL:
implicazioni per la tolleranza alla siccità e lo stato nutrizionale**

Giulia Quagliata^{1*}, Moez Maghrebi², Francesco Sestili¹, Domenico Lafiandra¹,
Giampiero Vigani², Stefania Astolfi¹

¹*Dipartimento di Scienze Agrarie e Forestali, Università degli Studi della Tuscia, Viterbo, Italia*

²*Dipartimento di Scienze della Vita e Biologia dei sistemi, Torino, Italia*

***Autore di riferimento:** Giulia Quagliata, e-mail giulia.quagliata@unitus.it

La traslocazione del braccio cromosomico corto 1RS della segale (*Secale cereale* L.) sul braccio 1B del frumento tenero è stata ampiamente utilizzata per il miglioramento genetico di questa coltura (Ren et al., 2017), in quanto sul braccio 1RS sono localizzati geni che migliorano la resistenza agli stress biotici e abiotici e quindi la resa (Liu et al., 2020). Questa traslocazione è stata recentemente utilizzata anche nel frumento duro (*Triticum durum* Desf. cv Svevo) ed è stato ottenuto il genotipo Svevo 1B/1R (1BL.1RS). In questo lavoro, i due genotipi sono stati sottoposti a stress idrico e le loro risposte sono state confrontate per valutare le eventuali differenze indotte dalla traslocazione. La riduzione della biomassa fogliare e radicale indotta dallo stress era maggiore in Svevo 1B/1R. Tuttavia, il danno ossidativo risultava essere più elevato in Svevo, come evidenziato dal più elevato livello di MDA nei tessuti fogliari. D'altra parte, il minore accumulo di MDA in Svevo 1B/1R era associato ad una minore attività della catalasi e ad un maggior accumulo di prolina nelle foglie, indicazione che le piante erano più efficienti nel contrastare lo stress ossidativo. L'incremento dei livelli di prolina indotto dallo stress non era dovuto alla degradazione delle proteine, ma piuttosto ad una sua aumentata sintesi che coinvolgeva l'attività della glutammina sintetasi. È noto che lo stress idrico influenza la capacità della pianta di assorbire nutrienti. Abbiamo quindi valutato la composizione ionomica dei tessuti fogliari e radicali di entrambi i genotipi in condizioni di controllo e di stress. L'analisi PCA separava i trattamenti in quattro diversi cluster, indicando che sia l'imposizione dello stress che la modificazione della morfologia dell'apparato radicale indotta dalla traslocazione avevano un impatto significativo sulla capacità della pianta di accumulare nutrienti. Infine, è stata effettuata l'analisi dell'espressione di DRF1 e SHN1, due geni coinvolti nella risposta delle piante allo stress idrico.

RINGRAZIAMENTI: La ricerca è stata finanziata da PRIMA-2019 (EXPLOWHEAT CUP J89C19000140005).

Tracciabilità del Pomodorino del Piennolo del Vesuvio DOP mediante analisi chemiometrica basata sulla composizione elementare di suolo e frutti.

Luigi Ruggiero^{1*}, Raffaella Ofano¹, Diana Agrelli¹, Carmine Amalfitano¹, Paola Adamo^{1,2}

¹*Dipartimento di Agraria, Università degli Studi di Napoli Federico II, Portici, Napoli*

²*Laboratorio di Urbanistica e Pianificazione Territoriale "R. d'Ambrosio" Università degli Studi di Napoli Federico II, Napoli*

***Autore di riferimento:** Luigi Ruggiero, e-mail luigi.ruggiero@unina.it

Il Pomodorino del Piennolo del Vesuvio DOP (PPV) è un pomodoro caratterizzato da una lunga conservabilità e commercializzato in grappoli denominati "Piennoli". È tradizionalmente coltivato in Campania, alle pendici del complesso vulcanico Somma-Vesuvio. Insignito del marchio DOP nel 2009, comprende diverse varietà locali di cui gli agricoltori sono "custodi". Le proprietà organolettiche del PPV sono legate alle peculiari condizioni pedoclimatiche dell'ambiente di coltivazione, che conferiscono al pomodoro un'elevata tipicità e un alto valore commerciale, che lo rendono suscettibile alle frodi d'origine. Il progetto Tomato Trace 4.0, finanziato dal Programma di Sviluppo Rurale della Regione Campania, mira ad autenticare, tracciare e valorizzare il PPV mediante analisi multielemento condotta su pomodori e suoli di coltivazione. Tale approccio ipotizza che la composizione in elementi minerali dei frutti dipende principalmente dalla biodisponibilità degli stessi elementi nel suolo e da altri fattori dell'ambiente di coltivazione, come il clima, la gestione e la stagione colturale. In quest'ottica, le indagini sono state condotte in più stagioni di coltivazione per ottenere un set di dati affidabili per le discriminazioni di provenienza. In questo lavoro è stato misurato il contenuto di 19 elementi (Ca, Cu, Fe, Mg, Mn, Mo, Na, Ni, P, K, Zn, Ba, Cd, Co, Cr, Cs, Li, Rb e Sr) in campioni di PPV (varietà Acampora) provenienti da cinque aziende DOP e due aziende situate al di fuori dell'areale DOP nelle annate colturali 2021 e 2022. Gli stessi elementi sono stati determinati nelle frazioni potenzialmente e prontamente biodisponibili del suolo di coltivazione. In ogni annata colturale, le analisi chemiometriche dei dati elementari (PCA) hanno evidenziato un naturale raggruppamento dei pomodori per aziende di provenienza, differenziando quelli coltivati nell'area DOP da quelli provenienti dall'esterno. Stessa tendenza è stata riscontrata applicando la PCA sulle frazioni biodisponibili del suolo. Il modello discriminante (LDA) più attendibile è stato ottenuto utilizzando le variabili discriminanti (elementi) comuni ad entrambi gli anni. Una significativa correlazione è stata messa in evidenza tra gli elementi presenti nel suolo e nel pomodoro rafforzando l'affidabilità dei modelli discriminanti. Nel solo anno 2021, il 68,4% dei 19 elementi determinati nelle frazioni biodisponibili del suolo e nei frutti erano significativamente correlati. Sulla base dei risultati ottenuti, il profilo multielementare del PPV può essere considerato uno strumento utile per proteggere le produzioni DOP dalle frodi di origine.

Lavoro svolto nell'ambito del progetto TOMATO TRACE 4.0, PSR 2014-2020, Regione Campania (AdG n°339 29/12/2017, BURC n°1 02/01/2018. Misura 16).

**EFFETTI DELL'UTILIZZO DI BIOSTIMOLANTE A BASE DI CHITOSANO
SULLA RESA DI POMODORO DA INDUSTRIA COLTIVATO SU DIFFERENTI PACCIAMATURE**

Filomena Sannino, Eugenio Cozzolino, Ida Di Mola, Lucia Ottaiano e Mauro Mori

Dipartimento di Agraria, Università degli Studi di Napoli "Federico II", Portici (NA)

***Autore di riferimento:** Sannino Filomena, e-mail fsannino@unina.it

Negli ultimi decenni il chitosano, ottenuto per deacetilazione della chitina, è al centro dell'attenzione della ricerca per gli interessanti effetti sulle colture. La sua principale applicazione è legata alla difesa delle piante dai patogeni, poiché è in grado di indurre la produzione di molecole protettive. Sono state riportate anche attività biostimolanti, associate principalmente a un aumento dell'attività fotosintetica, alla tolleranza alla siccità, alla salinità e alle temperature estreme e a una maggiore attività degli enzimi antiossidanti. Lo scopo della presente ricerca è stato valutare l'effetto dell'impiego di un biostimolante a base di chitosano a diverse concentrazioni su produzione e qualità di pomodoro da industria. Materiali e metodi La prova è stata effettuata nel campo sperimentale del Dipartimento di Agraria, sito nel parco Gussone di Portici (NA). La specie testata è stata il pomodoro (*Solanum lycopersicum* L.) varietà Orion, un pomodoro da industria con frutti di colore rosso intenso, di elevata consistenza e ottimo spessore della polpa, buon grado brix. Il disegno sperimentale ha previsto il confronto tra due teli di pacciamatura, un telo tradizionale in polietilene a bassa densità (LDPE) e un telo biodegradabile di carta (SUMUS), e due trattamenti con biostimolante a base di chitosano: trattato con una soluzione allo 0.50% (BIO50), trattato con una soluzione allo 0.25% (BIO25) e non trattato (Controllo). I trattamenti sono stati replicati 3 volte per un totale di 18 parcelle. Il biostimolante è stato applicato, come spray fogliare, a partire dalla fioritura con cadenza bisettimanale per un totale di 4 applicazioni. Il trapianto è stato effettuato l'8 maggio 2022 e la raccolta nella prima settimana di agosto. Alla raccolta, su sei piante per trattamento, sono stati determinati: il peso fresco dei frutti commerciabili e dello scarto, il loro numero e peso medio, il colore, i solidi solubili totali, la consistenza e la sostanza secca. Tutti i dati sono stati sottoposti ad ANOVA utilizzando il software SPSS (versione 22.0, IBM, Chicago, Illinois) e le medie sono state separate con il test di Tukey per $p \leq 0.05$. Risultati Dai primi risultati, si evidenzia un effetto positivo del trattamento con chitosano su produzione e alcuni aspetti di qualità delle bacche di pomodoro. Si rendono necessari ulteriori studi per verificare la risposta al trattamento anche di differenti colture e in diverse condizioni di crescita.

**Qualità nutrizionale, composti bioattivi e proprietà epatoprotettive della salicornia
(*Salicornia europaea* L.) contro il danno epatico indotto da tetracloruro di carbonio in ratti**

Marco Santin^{1,2*}, Alessia Mannucci¹, Annamaria Ranieri^{1,2}, Maria Calogera Sciampagna¹,
Aymen Souid¹, Andrea Vornoli³, Luisa Pozzo³, Vincenzo Longo³, Giuseppe Conte^{1,2},
Giulia Foggi¹, Monica Tognocchi¹, Antonella Castagna^{1,2}

¹*Dipartimento di Scienze Agrarie, Alimentari e Agro-ambientali, Università di Pisa, Via del Borghetto
80, 56124 Pisa*

²*Centro Interdipartimentale di Ricerca Nutraceutica e Alimentazione per la Salute "Nutrafood",
Università di Pisa, Via del Borghetto 80, 56124 Pisa*

³*Istituto di Biologia e Biotecnologia Agraria (IBBA), Consiglio Nazionale delle Ricerche (CNR), Via
Moruzzi 1, 56124, Pisa*

***Autore di riferimento:** Marco Santin, e-mail marco.santin@unipi.it

L'urgente e crescente problema della salinizzazione dei terreni agricoli sta spingendo i ricercatori a trovare soluzioni sostenibili per mitigare la perdita di produttività dovuta all'eccessiva salinità del suolo. Il progetto PRIMA "HaloFarMs", tra i suoi obiettivi, mira a sfruttare le piante alofite in sistemi agricoli sostenibili allo scopo di desalinizzare i terreni coltivati e promuovere così la crescita di colture glicofite. Diverse specie di alofite sono anche edibili e, grazie alla loro adattabilità a condizioni ambientali estreme, potrebbero rappresentare una valida fonte di nutrienti e composti nutraceutici, con benefici concreti per la salute umana. Lo scopo di questo studio è stato di caratterizzare e valorizzare la biomassa della salicornia (*Salicornia europaea* L.) studiandone principalmente le proprietà epatoprotettive attraverso studi in vivo su ratti. La composizione centesimale della salicornia ha rivelato un contenuto di sostanza secca del 18%, costituita soprattutto da fibre (39,2%) e ceneri (31,2%) riconducibili all'elevato contenuto di sale. Inoltre, il 71% dei lipidi è rappresentato da acidi grassi insaturi, con un contenuto di acidi grassi omega-3 pari al 44% e un rapporto omega-6/omega-3 di 0,52. Per quanto riguarda le proprietà epatoprotettive, gli studi in vivo sui ratti sono stati condotti somministrando loro sospensioni acquose di porzioni giovani di salicornia liofilizzata sulla base della maggiore concentrazione di fenoli totali, flavonoidi e della maggiore attività antiossidante di queste parti della pianta rispetto alle porzioni di salicornia sottostanti e più lignificate. In particolare, quaranta ratti maschi sono stati divisi in quattro gruppi: 1) controllo (CTR), 2) controllo + salicornia (SAL), 3) tetracloruro di carbonio (CCl₄), e 4) tetracloruro di carbonio + salicornia (CCl₄+SAL). La salicornia è stata somministrata mediante sonda gastrica giornalmente per 14 giorni consecutivi, mentre il CCl₄ è stato somministrato 24 ore prima del sacrificio degli animali. I livelli sierici di aspartato e alanina transaminasi, trigliceridi, colesterolo e colesterolo HDL erano significativamente migliorati nel gruppo CCl₄+SAL, rispetto al gruppo CCl₄, suggerendo un forte effetto epatoprotettivo della salicornia contro il danno epatico indotto da CCl₄. Sebbene meno marcato, è stato osservato anche un effetto protettivo nei confronti del danno renale. Questi risultati indicano chiaramente il grande potenziale della salicornia non solo allo scopo di desalinizzare terreni agricoli, ma anche in virtù delle preziose proprietà nutraceutiche per la salute umana.

Melatonin application on lettuce grown under salinity stress

Elena Secomandi^{1,2}, Veronica Ferrari², Marco A. De Gregorio², Bianca Maria Senizza²,
Begonia Miras Moregno³, Luigi Lucini²

¹*University School for Advanced Studies IUSS Pavia, Piazza della Vittoria, 15, 27100 Pavia (PV)*

²*Università Cattolica del Sacro Cuore, Via Emilia Parmense 84, 29122 Piacenza, Italy*

³*University of Murcia, Paseo Teniente Flomesta, 5, 30003, Murcia (Murcia)*

A livello globale, l'aumento della salinità del suolo risulta essere uno dei principali problemi che mettono a rischio la produttività agricola. La presenza di NaCl nel terreno comporta infatti una riduzione del tasso di germinazione delle piante, stress ossidativo e squilibrio nutrizionale, impattando nel complesso la crescita e la resa delle colture. La ricerca di molecole bioattive che mitigano questo stress è pertanto una priorità. La melatonina, derivato indolico sintetizzato a partire dall'aminoacido triptofano, è una biomolecola che regola la crescita e lo sviluppo delle piante e stimola le risposte fisiologiche per ridurre l'effetto negativo indotto dalle condizioni ambientali. Questa molecola segnala ritarda la senescenza delle foglie e l'inibizione fotosintetica e stimola il sistema antiossidante andando direttamente a neutralizzare le specie reattive dell'ossigeno (ROS) e dell'azoto (RNS) in condizioni di stress. L'obiettivo di questo lavoro è stato la determinazione dell'effetto di diverse concentrazioni di melatonina (10, 50, 150 μ M) nella mitigazione dello stress salino in lattuga (*Lactuca Sativa* L. cv. Canasta). Il duplice approccio impiegato, basato sull'accoppiamento di fenomica (PlantScreen System, PSI) e metabolomica untargeted (UHPLC/QTOF-MS), ha permesso di monitorare la performance fotosintetica e la crescita delle piante sottoposte a stress e trattate con melatonina, e infine di caratterizzarne la risposta metabolica. I dati fisiologici hanno mostrato una riduzione significativa del peso delle radici nelle piante sottoposte a stress salino, così come un aumento della sostanza secca fogliare, entrambi parzialmente mitigati dalla melatonina, mentre l'analisi fotosintetica effettuata con il PlantScreen System ha evidenziato un leggero miglioramento della QYmax (Fv/Fm) nelle piante trattate con la molecola, seppure senza grandi differenze fra piante stressate e non stressate. Nonostante lo stress salino sia il principale fattore di shift metabolico, l'analisi con UHPLC/QTOF-MS ha rilevato un rimodellamento delle vie biosintetiche dovuto all'applicazione fogliare di melatonina esogena, con variazioni significative in diversi gruppi di composti coinvolti nel metabolismo secondario, oltre a fitormoni e acidi grassi. Nello specifico, il contenuto di alcuni fenilpropanoidi (flavonoidi, flavanoli, flavoni e flavanoni) risulta aumentato nelle piante trattate con la molecola, indicandone il probabile ruolo antiossidante in condizioni di stress. I risultati ottenuti sulla risposta fisiologica e metabolica della lattuga trattata con melatonina in condizioni di stress salino forniscono informazioni interessanti sulla potenzialità di questa molecola nel mitigare l'impatto dello stress utili a sviluppare strategie di protezione delle colture sottoposte agli effetti del cambiamento climatico.

Interplay between N and Fe nutritional pathways: Fe-deficiency response is strongly influenced by the form of N applied to tomato plants

Arianna Lodovici¹, Sara Buoso¹, Begoña Miras-Moreno², Luigi Lucini², Nicola Tomasi^{1*}, Roberto Pinton¹, Laura Zanin¹

¹*Department of Agricultural, Food, Environmental and Animal Sciences, University of Udine, Via delle Scienze 206 - 33100, Udine, Italy*

²*Department for Sustainable Food Process, Research Centre for Nutrigenomics and Proteomics, Università Cattolica del Sacro Cuore, Piacenza, Italy*

***Autore di riferimento:** Nicola Tomasi, e-mail nicola.tomasi@uniud.it

Nitrogen (N) and iron (Fe) are involved in several biochemical processes in living organisms and their poorly bioavailability in soil solution usually is a strong constraint for plant growth and yield. In this work, the interplay between Fe and N nutritional pathways in tomato was investigated through omic-approaches. Nitrogen- and Fe-deficient tomato plants were supplied for 4 or 24 hours with Fe (5 μ M Fe-EDTA) in combination with different N forms (nitrate, ammonium, or urea) or maintained in N and Fe deficiency. As control, Fe-sufficient and N-deficient tomato plants were exposed to: 5 μ M Fe-EDTA in conjunction with nitrate, ammonium, or urea; or maintained in Fe-sufficient and N-deficient condition. A significant variability among treatments to the ionic profiles was observed especially when nitrate was supplied, in particular, an increase of Mn and Zn in young leaves and old leaves, of P in old leaves, and of Mg and Fe in roots. The untargeted metabolomic analyses pointed out a modulation of plant metabolism depending on the treatment and was stronger, especially when either urea or ammonium were applied to the nutrient solution. Overall, amino acids', secondary metabolites' and hormones' biosynthesis pathway were particularly modulated. Moreover, N-containing metabolites (mainly alkaloids and glucosinolates) were accumulated after urea and ammonium treatments in both leaves and roots. Interestingly, the hormonal modulations were particularly influenced by N supply showing a similar pattern of phytohormonal profile given by nitrate-supplied and C- plants vs ammonium and urea-treated ones. Moreover, N forms also induced an accumulation of secondary metabolites, e.g. phenylpropanoid represented mainly by flavonoid and anthocyanin glycosides under Fe deficiency following the trend Fe-deficient control > urea > nitrate > ammonium. Already after 4 hours of treatment, ammonium- and urea-treated roots showed a reduction of enzymatic activity of Fe(III)-chelate reductase (FCR) in comparison to nitrate or -N plants. Despite Fe-deficient nitrate-treated plants were resupplied with Fe, the FCR activity was maintained at high levels as well as -N plant (that were maintained in Fe deficiency). The response of nitrate treated plants fits with the improvement of Fe concentration in tomato roots and with an increase of IRT1 (Fe(II) transporter) gene expression in tomato roots. In conclusion, results improve knowledge on the interactions between plant nutritional pathways of Fe and N which might lead to improvement of fertilizer use efficiency.

LA TUTELA DELL'AMBIENTE PER LA TRANSIZIONE ECOLOGICA

Relatore: Pandi Zdruli

RELAZIONE AD INVITO

Environmental protection for ecological transition: what role soils could play?

Pandi Zdruli

CIHEAM Bari, Italy

The 2030 Agenda for Sustainable Development (SDG) that was signed in 2015 by all the 193 UN member states sets an action plan for people and the planet. The SDGs have identified 17 goals that in turn encompass 169 targets to be achieved by 2030. An important part of the SDG targets deals with ecological transition as a concept that is supposed to focus on clean energy, innovation in infrastructure, sustainable cities, fight against climate change, and the protection of life on land and water. The key points in the ecological transition include the use of renewable energy sources and Italy is committed to achieve 55% of its sources by 2030, sustainable mobility by increasing the number of electric cars, circular economy by reducing waste, sustainable agriculture in line also with the EU target to have 25% of the farming as organic by 2030, (Italy's goal is 30%), protection of biodiversity and ending drilling for fossil fuels.

The Treccani dictionary of the Italian language defines the term Ecological Transition as: “a process by which human societies manage their relationship with the physical environment, aiming at a more balanced and harmonious relationship as regards local and global ecosystems.” Another definition classifies ecological transition as “a process of technological reconversion aimed at producing fewer polluting substances.” Both definitions refer to a process, which must be structural to set in motion concrete change to the socioeconomic model. The major key point deals with the reduction use of the fossil fuels and empowerment of renewable and sustainable energy sources to be able to effectively combat climate changes. Therefore, tackling the process of ecological transition means rethinking society, through a strategic and global approach. Investing in ecological transition is also profitable. Studies show that for each Euro spent the return could be in the range of 8-38 Euros back. For instance, it is estimated that in Italy alone according to a Deloitte report called “Italy's Turning Point- Accelerating New Growth On The Path To Net Zero”, a rapid process of decarbonization could lead to an additional 3.3% in GDP in 2070, as well as the creation of 470,000 new jobs.

Soils could play a crucial role in ecological transition. Through biomass production they provide 95% of the global food supplies, by absorbing and transforming substances and nutrients they protect groundwater, they offer life through a huge biodiversity, still largely unknown, and most importantly through soil carbon sequestration they could mitigate climate change impacts. These functions and services support the principles of the EU Green Deal and provide enormous contributions to ecological transition. Many of them are at the scope of the mission Soil Deal for Europe that has the ambition to establish 100 Living Labs and Lighthouses around Europe as the best testimony of sustainable rural development in harmony with the environment. This would require additional efforts to support soil health that unfortunately still in the EU remains weak and needs improvement. Just mentioning that there are still about 2.8 million potentially contaminated sites, cropland soils are losing 0.5% carbon each year, 24% of soils are affected by soil erosion, and another 25% by desertification costing the EU citizens 50 billion Euro per year. These figures shows the gravity of the situation that need urgent actions.

CONTRIBUTI ORALI

Nano-fertilizzanti di lignina-fosfato a rilascio controllato

Alice Boarino^{1,2*}, Nicola Carrara², Joaquin Clua³, Yves Poirier³, Harm-Anton Klok²

¹Department of Agricultural, Forest and Food Sciences, University of Turin, Grugliasco 10095, Italy

²Institute of Material Sciences and Engineering, Polymers Laboratory, École Polytechnique Fédérale de Lausanne (EPFL), Station 12, Lausanne 1015, Switzerland

³Department of Plant Molecular Biology, University of Lausanne, Lausanne 1015, Switzerland

*Autore di riferimento: Alice Boarino, e-mail alice.boarino@unito.it

Identificazione di microplastiche in biosolids provenienti da fanghi di depurazione urbana attraverso spettroscopia Vis-NIR e FTIR-ATR

Erika Di Iorio^{1*}, Luana Circelli^{1,2}, Zhongqi Cheng^{2,3}, Evan Garwood², Kerem Yuksel²,
Ruggero Angelico¹, Claudio Colombo¹

¹Department of Agricultural, Environmental and Food Sciences, University of Molise,
Campobasso, Italy

²Environmental Sciences Analytical Center, Brooklyn College of the City University of New York,
Brooklyn, NY, USA

³Graduate Center and Advanced Science Research Center of the City University of New York,
New York, NY, USA

***Autore di riferimento:** ERIKA DI IORIO, e-mail erika.diiorio@unimol.it

L'obiettivo del presente lavoro è la caratterizzazione di microplastiche (MPs) provenienti da depuratori di acque reflue, ubicati a nord dello stato di New York (USA). I frammenti di MPs sono stati estratti attraverso due procedure: wet sieving per i frammenti maggiori di 2 mm e ossidazione con successiva separazione per densità per i frammenti minori di 2 mm. Il totale delle MPs estratte è compreso tra lo 0,01 e 0,04%. Sono stati osservate 5 differenti forme di MPs: frammenti, film, fibre, granuli e polimeri espansi. Frammenti e fibre sono tra le forme maggiormente rinvenute nei biosolids (i frammenti dai rifiuti di imballaggi e le fibre tessili da bucato), con un diametro medio di 2-4 mm. Le MPS sono state investigate con due differenti tecniche di spettroscopia infrarossa, Vis-NIR e FTIR-ATR, in combinazione con l'approccio chemometrico. Gli spettri risultanti sono stati pre-processati, trasformati in Assorbanza (Abs) e analizzati per le componenti principali (PCA). I risultati mostrano che le MPs estratte dai biosolids sono principalmente composte da PET, LDPE e HDPE, PS e PP con fibre di PA. Gli spettri pre-processati e trasformati delle MPs migliorano la corrispondenza con quelli dei polimeri plastici di riferimento. Dalle firme spettrali dei frammenti di MPs risulta evidente come queste siano sottoposte a un continuo cambiamento in forma, dimensione e composizione durante il processo di digestione anaerobica che subiscono i reflui urbani. Infatti, è stato dimostrato come l'aumento di temperatura durante i processi di trattamento, possa cambiare la cristallinità dei polimeri plastici di PE e PA. L'analisi delle componenti principali offre una visione esaustiva delle principali informazioni contenute nei dataset spettrali Vis-NIR e FTIR, portando a una differenziazione delle MPs quando gli spettri vengono comparati con quelli dei polimeri di riferimento. I risultati delle due tecniche spettroscopiche, in maniera complementare, risultano utili per identificare e caratterizzare il tipo di polimero plastico delle MPs che più frequentemente si ritrova nei biosolids. Questo studio evidenzia la necessità di caratterizzare questi prodotti per future applicazioni dirette o indirette al suolo.

**Dynamics of soil available carbon, nitrogen and phosphorus pools
after burying innovative bio-based mulching films**

Sara Paliaga^{1*}, Luigi Badalucco¹, Delia Francesca Chillura Martino²,
Veronica Concetta Ciaramitaro², Vito Armando Laudicina¹

¹*Department of Agricultural, Food and Forest Sciences, University of Palermo, Palermo, Italy*

²*Department of Biological, Chemical and Pharmaceutical Sciences and Technologies, University of Palermo, Palermo, Italy*

***Autore di riferimento:** Sara Paliaga, e-mail sara.paliaga@unipa.it

The use of plastic mulching films is rapidly increasing in agriculture to enhance crop productivity and control weeds. However, their non-biodegradability and long-lasting presence in soil have raised serious concerns regarding their environmental impact. Typically composed of non-biodegradable materials like polyethylene, these films can persist in the soil for several years after use, enhancing the plastic pollution and posing challenges for sustainable agricultural practices. Consequently, there is a pressing need to explore alternative materials that are both biodegradable and environment-friendly. In this context, the PRIN mulching+ project aims to make innovative mulching films based on carboxymethyl cellulose, chitosan, and sodium alginate, enriched with N and P salts acting as slow-release fertilizers in the soil. Thus, the purpose of this study is to evaluate the effects of the degradation of these innovative films after burial in the soil on the dynamics of available N and P and on the microbial biomass C (MBC) and N (MBN) for assessing their suitability as sustainable alternatives to conventional plastic mulch films.

Four types of mulch films were used in the study. They were prepared with either 1:1 or 17:3 mass ratio of chitosan to cellulose, both with and without the addition of 90% by weight of $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$, in order to investigate the influence of material ratios and nutrient addition on the biodegradation processes and soil microbial component. The experiment involved burying 0.1% by weight of the film in pre-wetted soil, to simulate the field conditions. Soil samples were collected 30, 60, 90 and 120 days after burial to evaluate as variables MBC and MBN, available ammonium, nitrate and phosphate, but also the composition and abundance of major microbial groups in the soil. The results showed significant changes in soil parameters, with ammonium, nitrate and phosphate levels influenced by the presence of $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$. Moreover, an increase in soil MBC and MBN over time occurred, suggesting the assimilation of film organic matter by soil microorganisms. Overall, results were promising for the use of these innovative bio-based films in agriculture. Ongoing activities include the use of ^{13}C - and ^{15}N -labeled films to track the fate of film-derived C and N in soil and to identify which main microbial groups are responsible for their degradation.

Sintesi di nanoparticelle di lignina mediante pretrattamento di biomasse vegetali con solventi idrotropici: efficienza di delignificazione e caratterizzazione molecolare

Davide Savy*, Antonio De Martino, Vincenza Cozzolino

***Autore di riferimento:** Davide Savy, e-mail davide.savy@nina.it

Le biomasse lignocellulosiche rappresentano un'importante fonte di prodotti ecosostenibili, in alternativa a quelli derivati da petrolio. La lignina, per esempio, è impiegata per produrre biostimolanti o resine, mentre la cellulosa è utilizzata per sintetizzare glucosio o acido succinico. Poiché il primo step nella valorizzazione di queste biomasse è la rimozione della lignina, sono state suggerite diverse strategie di delignificazione, che però comunemente impiegano reagenti con impatto ambientale negativo [1]. Al contrario, i solventi idrotropici consentono di solvare la lignina direttamente in acqua e sono, inoltre, riciclabili e completamente eco-sostenibili. Essi sono formati da una soluzione acquosa concentrata di un composto organico avente una componente polare ed una apolare. Tale carattere anfifilico permette a queste miscele di solvare molecole idrofobiche, come la lignina, altrimenti insolubili in acqua. Al termine dell'estrazione, e dopo aver separato il residuo celluloso dalla miscela di reazione, si può indurre una spontanea aggregazione della lignina in nanoparticelle (LNP) mediante aggiunta di acqua, che agisce quindi come antisolvente nei confronti della lignina [2]. In questo lavoro, una soluzione idrotropica di acido maleico (MA) è stata sfruttata per frazionare canna gigante (AD) ed eucalipto (EUC). È stata quindi valutata l'efficienza di delignificazione del pretrattamento e le frazioni risultanti sono state studiate mediante termogravimetria e spettroscopia di risonanza magnetica nucleare (NMR). Le LNP sono state altresì studiate mediante microscopia elettronica a scansione. Il pretrattamento ha comportato un'efficiente delignificazione per AD, mentre essa è risultata insoddisfacente per EUC, probabilmente a causa di una mancata ottimizzazione delle condizioni di reazione. Le LNP di AD e EUC hanno stabilità termica e morfologia simili, ma struttura chimica differente. Infatti, AD-LNP hanno un maggior contenuto di unità alcoliche, carbossiliche, e guaiaciliche (G) e p-idrossifeniliche, mentre EUC-LNP mostrano una maggiore quantità di gruppi siringilici (S) e un rapporto S/G più elevato. Inoltre, studi NMR di diffusione hanno indicato la minore dimensione di AD-LNP. Il pretrattamento con MA rappresenta un'alternativa sostenibile ed economica alle tradizionali tecniche di frazionamento, garantendo un'elevata efficienza di delignificazione, che però dipende dalla biomassa impiegata e dalle condizioni di reazione. Inoltre, tale frazionamento permette di sintetizzare rapidamente e semplicemente LNP, la cui struttura chimica è determinata dalla biomassa di partenza. Questi nanomateriali possono trovare impiego nella veicolazione di sostanze agrochimiche o mostrare esse stesse attività biologica nei confronti di piante o microrganismi.

Bibliografia

1. Singh et al. (2022) *Bioresource Technology Reports*. 20, 101250.
2. Zhu et al. (2021) *ChemSusChem*, 14, 3031-3046.

WATSON: una rete internazionale per lo studio dei flussi idrici nella Zona Critica attraverso l'analisi degli isotopi stabili WATSON Cost Action 19120

***Autore di riferimento:** Francesca Scandellari, e-mail francesca.scandellari@gmail.com

Gli isotopi stabili dell'idrogeno e dell'ossigeno nella molecola d'acqua sono considerati marcatori conservativi perché la loro natura chimica non si modifica quando interagiscono con l'ambiente circostante, mentre può cambiare il rapporto fra i diversi isotopi. L'analisi del rapporto isotopico nei corpi idrici e nella biomassa vegetale fornisce importanti informazioni sull'origine dell'acqua assimilata o traspirata dalle piante e sui processi a cui è andata incontro nel trasferimento da atmosfera a suolo a falda e di nuovo all'atmosfera per traspirazione o evaporazione. Questa tecnica è pertanto particolarmente adatta per comprendere i processi che coinvolgono l'acqua nel sistema suolo-pianta-atmosfera e fornisce quindi un robusto supporto per sviluppare nuovi strumenti per la tutela dell'ambiente e per garantire la sicurezza alimentare. Questa tecnica ha trovato applicazione nello studio degli effetti dei cambiamenti climatici sulla partizione fra evaporazione e traspirazione, nella determinazione dell'origine geografica di diversi tipi di prodotti agrari (prodotti ortofrutticoli, legname, fibre tessili), e nella stima dei tempi di ricarica delle falde acquifere, solo per citare alcuni esempi. WATSON, WATER isotopes in the critical ZONE, è una rete internazionale di persone interessate a capire, sviluppare ed applicare l'analisi degli isotopi stabili per lo studio dei flussi di acqua nella Zona Critica, il sottile strato del pianeta nel quale litosfera, fitosfera, e atmosfera interagiscono e costituiscono un continuum attraverso cui fluisce la risorsa idrica senza soluzione di continuità. WATSON raccoglie, integra e sintetizza i risultati della ricerca interdisciplinare basata sull'analisi del rapporto degli isotopi stabili dell'idrogeno e ossigeno dell'acqua nei corpi idrici che attraversano la Zona Critica. WATSON è un'azione del programma europeo per la Cooperazione in Scienze e Tecnologie (COST) finanziato dall'Unione Europea per creare reti internazionali di ricercatori e utilizzatori. L'attività di WATSON consiste nel facilitare l'interazione fra ricercatori, utilizzatori, e studenti implementando attività di trasferimento di informazione e di collaborazione. Per raggiungere questi obiettivi, WATSON organizza e finanzia incontri e seminari online e di persona, scuole per dottorandi e utilizzatori, missioni scientifiche, e pubblicazioni scientifiche e divulgative. Sul nostro sito <https://watson-cost.eu/> si possono trovare tutte le informazioni relative a WATSON e i contatti per iscriversi alla rete.

Applicazione diagnostiche e restauro green degli intonaci decorativi della volta della Chiesa di Sant'Angelo in Monopoli (Bari, Italia)

P. Acquafredda¹, M. De Tullio², G. Eramo¹, F. Laviola³, N. Mongelli¹, A. Quartulli⁴, L. Scrano^{5*}

¹*Dipartimento di Scienze della Terra e Geoambientali, Università degli Studi di Bari Aldo Moro;*

²*Dipartimento di Biologia, Università degli Studi di Bari Aldo Moro;*

³*Azienda di restauro, Bari;*

⁴*Soprintendenza ABAP per la città metropolitana di Bari;*

⁵*Dipartimento delle Culture Europee (DICEM), Università della Basilicata.*

***Autore di riferimento:** Laura Scrano

Motivazioni. La chiesa metropolitana di Sant'Angelo, ricostruita nel 1675 sulla preesistente chiesa medievale, presenta numerose forme di degrado. La chiesa è decorata con stucchi e intonaci dipinti, risalenti alla prima metà del Settecento. Lo spazio liturgico della chiesa è stato fortemente alterato da estese formazioni biologiche e solfatazione, che ne hanno ricoperto le decorazioni. Sono visibili vuoti di superficie dovuti alle copiose infiltrazioni di acqua piovana causate dall'assenza di manutenzione della chiesa dal 1920 e dal crollo del tetto nel 1972.

Obiettivo. Valutazione del degrado e primo intervento di restauro ecocompatibile per la salvaguardia dell'ambiente e della salute degli operatori.

Metodi. Indagini mineralogiche, petrografiche, chimiche e biologiche, e metodi strumentali.

Risultato diagnostico. Le diverse analisi specialistiche hanno evidenziato significative correlazioni tra le tecnologie e i materiali utilizzati nelle opere di rifacimento e negli arricchimenti superficiali, databili tra la fine del Settecento e la prima metà dell'Ottocento, nonché il susseguirsi di eventi disastrosi accaduti nel tempo, i relativi interventi di riparazione e la lunga fase di abbandono della chiesa a partire dalla fine della Prima guerra mondiale.

Analisi strumentale. L'utilizzo della termografia all'infrarosso e la rilevazione dell'apparato decorativo con laser scanner 3D in scala 1:5, accompagnati dal monitoraggio delle condizioni fisiche e microclimatiche dell'ambiente, hanno consentito di definire nel dettaglio le criticità strutturali connesse all'interfaccia tra la struttura muraria e l'apparato decorativo per la preparazione del successivo restauro.

La microscopia elettronica a scansione su campioni prelevati dalla volta della chiesa ha evidenziato la presenza di colonie fungine e batteriche, che sono state tentativamente isolate e parzialmente identificate.

La tutela dell'ambiente per la transizione ecologica

Tentativo di restauro. Per consentire la conservazione degli elementi non correlati (sovrapposti), sono stati eseguiti numerosi prelievi di campioni di stucchi per tentare una riduzione delle alterazioni cromatiche, con applicazione di: a) Agar-Agar miscelato con acqua demineralizzata; b) Impacchi di EDTA in soluzione con acqua demineralizzata in sospensione di Sepiolite; c) Carbogel su carta; d) Resine a scambio anionico; e) Impacco di pasta di carta imbevuta con EDTA e carbonato di ammonio; f) Cleaning delle superfici adoperando estratti vegetali.

Per la stabilizzazione degli stucchi esposti ai processi di fessurazione e fratturazione è stato seguito il protocollo ministeriale mentre lo strato superficiale compromesso è stato ricostruito con malta a base di calce spenta (stagionata tre mesi), carbonato di calcio e cocchiopesto giallo con grana 0,1, verificando a campione l'effetto finale e l'interferenza visiva con le superfici adiacenti.

Effetto dell'utilizzo di diverse tipologie di reflui zootecnici sulla fertilità del suolo e sulle emissioni di GHG e ammoniaca in terreni agricoli della provincia di Brescia

Valeria Sergi*, Valentina Caprarulo, Giulia Ferronato, Anna Simonetto,
Gianni Gilioli, Laura Giagnoni

***Autore di riferimento:** Valeria Sergi, e-mail valeria.sergi@unibs.it

L'applicazione di reflui zootecnici in suoli agrari può migliorare la fertilità del suolo e la produttività delle colture riducendo l'utilizzo di fertilizzanti chimici. A fronte di questi effetti positivi è necessario però valutare l'impatto ambientale dei reflui zootecnici monitorando le emissioni di gas a effetto serra (GHG), di ammoniaca e la perdita di nitrati dal sistema suolo. La sperimentazione è stata condotta in suoli agricoli con caratteristiche diverse, destinati alla produzione di mais e trattati con reflui zootecnici (liquame liquido, digestato e letame) e fertilizzanti chimici (urea). Sono state analizzate le proprietà fisico-chimiche e biochimiche del terreno, e i flussi delle emissioni dei GHG (CH_4 , CO_2 e N_2O) e di ammoniaca. I reflui zootecnici hanno mostrato concentrazioni di N e C significativamente diverse determinando differenti input di N e C nel suolo. Sono stati valutati gli effetti sulla funzionalità del suolo attraverso la determinazione della respirazione e delle attività enzimatiche del suolo. L'applicazione di reflui zootecnici ha influenzato la stabilizzazione e la degradazione della sostanza organica del suolo e la disponibilità del P con conseguente effetto sulle attività enzimatiche legate ai cicli di C e P e alla respirazione del suolo. Le emissioni di GHG e ammoniaca sono state monitorate in campo con camere statiche durante la stagione di crescita colturale. L'interramento dei reflui nel suolo ha ridotto drasticamente le emissioni di ammoniaca, mentre le emissioni di N_2O sono state osservate solo dopo la fertilizzazione chimica (urea). Liquame e digestato hanno mostrato i livelli più elevati di emissioni di GHG e ammoniaca mentre il letame non ha influito fortemente sulle emissioni di GHG e ammoniaca. La sperimentazione in campo fa parte di un progetto più ampio che ha lo scopo di valutare i flussi di nutrienti negli allevamenti zootecnici per ridurre la loro perdita dal sistema aziendale. I risultati potranno essere utilizzati per sviluppare uno strumento di supporto alle decisioni per migliorare la sostenibilità della fertilizzazione del suolo e promuovere la transizione ecologica dei sistemi di allevamento e delle aziende agro-zootecniche.

POSTER

Effetti sinergici di biochar e distillato di legno come ammendanti del suolo sulle risposte fisiologiche e biochimiche di barbatelle di vite (*Vitis vinifera* L. var. Sangiovese).

Silvia Celletti^{1*}, Riccardo Fedeli¹, Martina Grattacaso¹, Majid Ghorbani¹, Beatrice Giannetta²,
Claudio Zaccone², Stefano Loppi^{1,3}

¹*Department of Life Sciences, University of Siena, Via P. A. Mattioli 4, 53100, Siena, Italy*

²*Department of Biotechnology, University of Verona, Strada Le Grazie 15, 37134, Verona, Italy*

³*Interuniversity Center for Studies on Bioinspired Agro-Environmental Technology (BAT Center),
University of Naples "Federico II", 80138, Napoli, Italy*

***Autore di riferimento:** Silvia Celletti, e-mail silvia.celletti@unisi.it

Lo studio dell'effetto combinato di bioprodotto, quali biochar e distillato di legno (WD), ottenuti dal riciclo di biomasse vegetali di scarto, come ammendanti del suolo sulla crescita delle colture sta ricevendo un forte interesse scientifico in una prospettiva di mitigazione dei cambiamenti climatici e di sicurezza alimentare. Le risposte fisiologiche e biochimiche di barbatelle di vite (*Vitis vinifera* L. var. Sangiovese) erano valutate in seguito a quattro diversi trattamenti del suolo: biochar al 20% (p/p) e WD allo 0.5% (v/v), biochar al 20% (p/p), WD allo 0.5% (v/v), e il controllo. Il WD era aggiunto al suolo attraverso fertirrigazione settimanale. Dopo 45 giorni di crescita, la biomassa fresca, i metaboliti secondari (fenoli e flavonoidi totali e tannini condensati) e i principali nutrienti erano determinati nelle foglie e nelle radici. La clorofilla e i metaboliti primari (glucosio, fruttosio e aminoacidi) erano determinati nelle foglie, mentre per le radici era misurata l'area e la lunghezza. Nei suoli erano determinati i principali parametri chimici (pH, conducibilità elettrica, capacità di scambio cationico – CSC e i nutrienti). Indipendentemente dalla presenza di biochar, il WD determinava una diminuzione della biomassa aerea e un aumento della biomassa radicale, mentre il biochar influenzava positivamente l'espansione e la lunghezza radicale. Sebbene l'applicazione di biochar e WD da soli portava a una diminuzione del livello di glucosio fogliare, la loro combinazione non variava tale parametro rispetto al controllo. L'aumento del contenuto di aminoacidi, compresi fenilalanina e tirosina, che sono precursori dei composti fenolici, era più evidente con il WD. Il biochar e il WD, sia singolarmente che in combinazione, aumentavano il contenuto di potassio, mentre riducevano quello di calcio, magnesio e fosforo (P) nelle foglie e nelle radici. Tuttavia, il WD promuoveva un aumento di P nelle radici. Sebbene il contenuto di sodio (Na) nel suolo trattato con biochar fosse elevato, le piante principalmente lo accumulavano nelle radici, mentre le radici delle piante fertirrigate con il WD avevano un contenuto di Na perfino inferiore a quello del controllo. Inoltre, il WD aumentava la CSC, indipendentemente dal biochar. Il contenuto di carbonio organico aumentava sia nei suoli fertilizzati con biochar che con WD. In conclusione, questo studio ha evidenziato un effetto sinergico di biochar e WD sulla fisiologia delle piante, in particolare per quanto riguarda la crescita delle radici, indicando che l'uso combinato di questi bioprodotto potrebbe essere una soluzione potenzialmente sostenibile per migliorare le performance di crescita delle colture.

Film biodegradabili arricchiti con azoto e fosforo per la pacciamatura del suolo

Veronica Concetta Ciaramitaro¹, Elena Piacenza¹, Sara Paliaga², Giuseppe Cavallaro¹,
Luigi Badalucco², Vito Armando Laudicina², Delia Francesca Chillura Martino¹

¹Department of Biological, Chemical and Pharmaceutical Sciences and Technologies,
University of Palermo, Palermo, Italy

²Department of Agricultural, Food and Forest Sciences, University of Palermo, Palermo, Italy

***Autore di riferimento:** Veronica C. Ciaramitaro, e-mail veronicaconcetta.ciaramitaro@unipa.it

Negli ultimi 20 anni, la popolazione mondiale è cresciuta da 6,0 miliardi a 7,2 miliardi e, si prevede, raggiungerà gli 8,0 miliardi entro il 2050. Conseguentemente all'incremento demografico è previsto un aumento della richiesta di cibo e quindi di prodotti agricoli. Per soddisfare questa esigenza, l'uso eccessivo di film pacciamanti a base di polietilene a bassa densità (LDPMs) ha provocato significativi eventi di inquinamento ambientale. A fine coltura, si stima che circa il 68% di LDPMs non viene rimosso dal campo, accumulandosi nel tempo. I residui di LDPMs sono una fonte diretta di microplastiche nei suoli agricoli e costituiscono un problema ambientale a livello globale, poiché si accumulano anche nella catena alimentare con gravi effetti collaterali sulla salute dell'uomo. Al fine di garantire un'agricoltura sostenibile, vi è un grande interesse nello sviluppo di film polimerici biodegradabili a base biologica per la pacciamatura del suolo, che possano essere interrati direttamente nel suolo dopo l'uso. Sulla base di queste considerazioni, il presente studio si propone di (i) preparare e caratterizzare film biodegradabili a base biologica e di (ii) arricchirli con sostanze nutritive, principalmente azoto e fosforo, per le piante, che potrebbero essere rilasciate nel suolo come fertilizzanti a lento rilascio. La carbossimetilcellulosa di sodio, il chitosano e l'alginato di sodio sono stati combinati per produrre film compositi mediante solvent casting. Sono state indagate come variano le proprietà strutturali dei film dopo l'aggiunta dell'agente reticolante (CaCl₂), le proprietà termiche, meccaniche e alcune proprietà di interazione con l'acqua. Questo approccio ha permesso di identificare i film di migliore qualità, i quali sono stati arricchiti con NH₄H₂PO₄. Successivamente, è stata studiata la cinetica del rilascio di NH₄⁺ e PO₄³⁻ in acqua. Quest'ultimo aspetto è di grande importanza, poiché il rilascio di N e P contribuisce a migliorare l'apporto di nutrienti al suolo, riducendo l'uso di fertilizzanti sintetici.

Produzione di Idrolizzati Proteici da Scarti della Filiera Olivicola

Eleonora Calzoni^{1,2}, Nicolò Montegiove³, Alessio Cesaretti^{1,2}, Agnese Bertoldi¹, Ciro Tolisano⁴,
Dario Priolo⁴, Daniele Del Buono^{4*}, Claudia Zadra⁵, Giovanni Gigliotti³, Carla Emiliani^{1,2}

¹*Dipartimento di Chimica, Biologia e Biotecnologie, Università di Perugia, Italia*

²*Centro di Eccellenza Materiali Innovativi Nanostrutturati (CEMIN), Università di Perugia, Italia*

³*Dipartimento di Ingegneria Civile e Ambientale, Università degli Studi di Perugia, Italia*

⁴*Dipartimento di Scienze Agrarie, Alimentari e Ambientali, Università degli Studi di Perugia, Italia*

⁵*Dipartimento di Scienze Farmaceutiche, Università degli Studi di Perugia, Italia*

***Autore di riferimento:** Daniele Del Buono, e-mail daniele.delbuono@unipg.it

Le attività agroindustriali generano ingenti quantità di scarti che devono essere successivamente smaltiti. Attualmente è in atto un notevole lavoro di ricerca atto alla valorizzazione di questi scarti con l'obiettivo di trasformarli in prodotti ad alto valore aggiunto, indirizzando così l'agricoltura verso un sistema di economia circolare. L'olivicoltura e la produzione dell'olio sono attività cardine del nostro paese e assumono una importante rilevanza sociale ed economica. Ciononostante, dal processo di estrazione dell'olio d'oliva derivano quantità significative di biomasse di scarto, quali acque di vegetazione e sottoprodotti umidi e solidi come la sansa, che possono avere significative implicazioni ambientali ed economiche. Pertanto, il trattamento delle suddette biomasse atto al recupero di sostanze pregiate consente di ridurre i problemi associati al loro smaltimento e sviluppare prodotti innovativi da utilizzare anche in agricoltura. In particolare, acque di vegetazione e sansa presentano un contenuto considerevole di bioattivi che possono essere recuperati, applicando o sviluppando tecnologie appropriate. Lo scopo di questo lavoro è stato pertanto la produzione di idrolizzati proteici (IP) a partire da acqua di vegetazione e sansa, applicando un trattamento termico mitigato da noi messo a punto che si adatta a biomasse particolarmente recalcitranti e, inoltre, a differenza dell'idrolisi chimica tradizionale, viene eseguito in condizioni blande di pH e temperatura, consentendo di ottenere un idrolizzato di buona qualità caratterizzato da un elevato contenuto di peptidi e singoli amminoacidi. Gli IP così ottenuti sono stati testati su semi di *Zea mays*, mediante seed-priming, per valutarne l'effetto sulla coltura nelle prime fasi di sviluppo. Delle due tipologie di IP ottenuti, quelli derivanti dalla sansa hanno manifestato effetti stimolanti sullo sviluppo delle plantule di mais a livello aereo e radicale e su alcuni parametri fisiologici. Diversamente, gli idrolizzati ottenuti dalle acque di vegetazione hanno evidenziato effetti contenuti o non significativi. Tali risultati trovano giustificazione nella diversa composizione in termini di peptidi e amminoacidi degli IP, in relazione alla biomassa di partenza. Tuttavia, appaiono del tutto incoraggianti gli effetti stimolanti e benefici promossi dagli IP derivanti dalla sansa sul mais. Il presente lavoro è stato finanziato dall'Unione Europea - NextGenerationEU nell'ambito del Ministero Italiano dell'Università e della Ricerca (MUR) National Innovation Ecosystem grant ECS00000041 – VITALITY (a Carla Emiliani e Giovanni Gigliotti) promosso dal Ministero dell'Università e della Ricerca (MUR). Ringraziamo l'Università degli Studi di Perugia e il MUR per il supporto nell'ambito del progetto Vitality.

**Estrazione di nanocellulosa e nanolignina da Lemna minor e loro valorizzazione
come additivi in matrici biopolimeriche**

Francesca Luzi, Daniele Del Buono*, Debora Puglia

***Autore di riferimento:** Daniele Del Buono, e-mail daniele.delbuono@unipg.it

Per ridurre la dipendenza dai polimeri sintetici e promuovere lo sviluppo sostenibile, le fibre naturali biodegradabili ed ecologiche sono sempre più considerate una valida alternativa alle fibre sintetiche da utilizzare come agenti di rinforzo nei compositi polimerici. Attualmente, è stata rivolta una crescente attenzione ai bionanocompositi, dove il rinforzo è costituito da materiale vegetale, essenzialmente cellulosa e lignina di dimensioni nanometriche, da utilizzare come componenti attivi in sistemi polimerici per packaging alimentare o applicazioni come film da pacciamatura. Lo stato dell'arte riporta molti studi riguardanti modalità di estrazione e proprietà di nano-rinforzi ottenuti da fibra vegetale, mentre informazioni relative alle procedure da seguire partendo da biomasse acquatiche è relativamente limitata. In tale contesto, il presente lavoro mira ad analizzare ed ottimizzare i processi di estrazione dei biopolimeri di interesse, partendo da Lemna minor (duckweed, o lenticchia d'acqua), una piccola pianta acquatica galleggiante, a rapida crescita. Tale pianta presenta un elevato contenuto di cellulosa (fino al 30%), seguito dalla lignina (25%), dalla emicellulosa (18%) e una minore quantità di amido (2%), con presenza di proteine, grassi e altri. Il contenuto relativamente alto di cellulosa e lignina rende la Lemna minor una materia prima interessante ed economicamente conveniente per l'estrazione di nanocristalli e nanoparticelle. Pertanto, nel presente lavoro è stato studiato e comparato l'effetto dell'idrolisi acida (a base di H₂SO₄) e del trattamento con liquido ionico (IL - [Et₃NH][HSO₄]), composto da trietilammina e acido solforico, contenente acqua a diverse concentrazioni, sulla morfologia, cristallinità e stabilità termica di nano-rinforzi ottenuti da lemna. L'analisi dei risultati preliminari ha messo in evidenza come sia possibile isolare con approccio idrolitico e in step consecutivi, nanoparticelle di cellulosa, lignina e amido con una resa adeguata, nonché separare dalla biomassa originaria, ossalato di calcio sempre nanometrico.

Questo lavoro di ricerca è stato realizzato nell'ambito del progetto VITALITY - Ecosistema per l'Innovazione.

Effetto a lungo termine di un compost da rifiuti solidi urbani per il recupero della funzionalità di un suolo contaminato da elementi potenzialmente tossici (PTE)

Stefania Diquattro*, Giovanni Garau, Maria Vittoria Pinna, Matteo Garau, Pier Paolo Roggero, Andrea Porceddu, Lia Obinu, Paola Castaldi

***Autore di riferimento:** Stefania Diquattro, e-mail sdiquattro@uniss.it

L'impiego di ammendanti organici rientra tra le moderne strategie di messa in sicurezza e recupero di suoli contaminati da elementi potenzialmente tossici (PTE). Tra i possibili ammendanti, il compost è in grado di ridurre la mobilità dei PTE e migliorare la fertilità e funzionalità del suolo. Tuttavia, il suo impatto a lungo termine in pieno campo sul recupero di suoli contaminati è poco investigato. A tal fine, questo studio ha valutato l'effetto di un compost derivante da rifiuti solidi urbani (MSWC), aggiunto in pieno campo all'1.5 - 3.0 e - 4.5% p/p, sulla mobilità dei PTE e sulle proprietà biochimiche di un suolo minerario contaminato (es. Sb 416 mg kg⁻¹, Cd 47,6 mg kg⁻¹, Pb 2653 mg kg⁻¹ e Zn 7666 mg kg⁻¹) dopo 6 anni dalla sua addizione. L'aggiunta di MSWC ha aumentato il pH del suolo (da 6.36 a 7.23), l'OM (da 2.1 a 3.66%), il contenuto di carbonio organico disciolto (da 0.01 a 0.05 mg DOC g⁻¹) e la capacità di scambio cationico (da 4.64 a 13.9 cmol(+)kg⁻¹). La massima concentrazione di MSWC (ovvero 4.5%) ha ridotto le frazioni labili di Cd (-27.1%), Zn (-27.8%), Sb (-125%), mentre sono aumentate quelle residuali (es. +7.6% per Sb e +4.0% per Pb). Inoltre, il MSWC ha aumentato la respirazione microbica (fino a 5,1 volte superiore in MSWC - 4.5% rispetto al controllo) e le attività enzimatiche del suolo. Le attività deidrogenasica, β -glucosidasica e ureasica sono aumentate nel MSWC - 4.5% fino a ~10.4, 7.2 e 3.4 volte rispetto al suolo di controllo. L'indice di alfa-diversità di Shannon ha evidenziato una maggiore ricchezza nei suoli ammendati rispetto al controllo. Complessivamente, i risultati ottenuti indicano che il MSWC impiegato può essere efficacemente impiegato per limitare nel lungo termine ed in pieno campo la diffusione dei PTE da un suolo contaminato, ripristinandone la funzionalità e favorendo la crescita delle piante.

Studio condotto nell'ambito del progetto "Rizobiorem" finanziato sui fondi PRIN-2017.

Impiego di biochar e Cannabis sativa L. per il recupero ambientale e produttivo di suoli contaminati da elementi potenzialmente tossici (PTE)

Maria Vittoria Pinna, Paola Castaldi, Stefania Diquattro, Caterina Senette,
Matteo Garau, Giovanni Garau*

***Autore di riferimento:** Maria Vittoria Pinna, e-mail mavi@uniss.it

La canapa (*Cannabis sativa* L.) è una specie in grado di tollerare alte concentrazioni di PTE nel suolo, che tuttavia possono limitarne la produttività. Ammendanti organici come il biochar possono immobilizzare i suddetti contaminanti favorendo la crescita della canapa in suoli contaminati e promuovendo il recupero ambientale e la generazione di reddito, ad es. tramite la conversione della biomassa vegetale in energia verde. In tale contesto, lo scopo dello studio è stato quello di valutare l'idoneità di un biochar, prodotto da legni teneri, per il fitorisanamento assistito di un suolo contaminato da PTE (Sb 2175 mg kg⁻¹; Zn 3149 mg kg⁻¹; Pb 403 mg kg⁻¹ e Cd 12 mg kg⁻¹) e per il miglioramento della produttività della canapa. L'aggiunta del 3% (p/p) di biochar al suolo ha ridotto la concentrazione di PTE solubili e scambiabili e l'attività deidrogenasica (~2 volte). Al contrario, nel suolo ammendato è stato registrato un aumento dell'attività fosfomonoesterasica alcalina (~118%) e ureasica (~120%), della respirazione basale (~120%) e della biomassa microbica (~166%). L'aggiunta del biochar ha inoltre aumentato il numero di microrganismi coltivabili nel suolo, mentre il sequenziamento di ampliconi 16S rDNA prodotti a partire dal DNA estratto dal suolo ha mostrato un impatto positivo del biochar sulla α -diversità batterica. Il biochar non ha influenzato la crescita delle radici della canapa ma ha incrementato la sua biomassa aerea (~167%), il numero e il peso dei semi (~200%). L'ammendante ha infine aumentato la fitostabilizzazione nell'apparato radicale di Cd, Pb e Zn da parte della canapa, e promosso la fitoestrazione di Sb nella parte aerea. Nel complesso, i risultati ottenuti hanno mostrato che il biochar può aumentare la resa di *C. sativa* e la sua efficacia nel fitorisanamento di suoli contaminati da PTE, generando benefici in termini ambientali ed economici.

Studio condotto nell'ambito del Centro Nazionale Agritech, finanziato dall'Unione Europea – NextGenerationEU (PIANO NAZIONALE DI RIPRESA E RESILIENZA (PNRR) – MISSIONE 4 COMPONENTE 2, INVESTIMENTO 1.4 - D.D. 1032 17/06/2022, CN00000022). I punti di vista e le opinioni espresse sono solo quelli degli autori e non riflettono necessariamente quelli dell'Unione europea o della Commissione europea. Né l'Unione Europea né la Commissione Europea possono essere ritenute responsabili.

**Produzione di Biogas/Biometano attraverso Digestione Anaerobica degli Scarti
di una Bioraffineria**

Nicolò Montegiove¹, Alberto Maria Gambelli¹, Eleonora Calzoni², Daniele Del Buono³,
Claudia Zadra⁴, Carla Emiliani², Giovanni Gigliotti^{1*}

¹*Dipartimento di Ingegneria Civile e Ambientale, Università degli Studi di Perugia, Italia*

²*Dipartimento di Chimica, Biologia e Biotecnologie, Università di Perugia, Italia*

³*Dipartimento di Scienze Agrarie, Alimentari e Ambientali, Università degli Studi di Perugia, Italia*

⁴*Dipartimento di Scienze Farmaceutiche, Università degli Studi di Perugia, Italia*

***Autore di riferimento:** Giovanni Gigliotti, e-mail giovanni.gigliotti@unipg.it

Attualmente il biogas è principalmente ottenuto dal trattamento anaerobico della frazione organica dei rifiuti solidi urbani, da fanghi di depurazione, da sottoprodotti dell'agroindustria e, in misura sempre minore, da biomasse derivanti da colture dedicate. Attraverso un processo di purificazione del biogas è possibile ottenere biometano, che può essere utilizzato immettendolo nella rete di distribuzione o per autotrazione. Tenuto conto dei potenziali applicativi e della sostenibilità delle matrici di partenza oggi utilizzate, l'industria del biogas e del biometano è in continua espansione anche in un'ottica di transizione ecologica e circolarità. Attraverso questo studio, proprio in quest'ottica, si è voluto mettere a punto una digestione anaerobica a partire dagli scarti della filiera olivicola di una bioraffineria, dopo estrazione di idrolizzati proteici. La miscela iniziale utilizzata nella sperimentazione era quindi costituita per tre quarti da un inoculo standard prodotto nel nostro laboratorio e per un quarto dal residuo, dopo estrazione dell'idrolizzato proteico da una sansa ottenuta da impianto a tre fasi. I bioreattori sono stati mantenuti in condizioni mesofile in una cella climatica a una temperatura di 37 °C e sono stati seguiti per un tempo di 30 giorni. La produzione di biogas e biometano è stata valutata attraverso metodo volumetrico e per la separazione del biometano dalla CO₂ è stata utilizzata una trappola alcalina. I risultati dello studio hanno mostrato come i bioreattori anaerobici addizionati con il residuo dopo estrazione dell'idrolizzato proteico di sansa abbiano mostrato una maggiore produzione di biogas e biometano rispetto al controllo costituito da solo inoculo, controllo costituito da inoculo e liquame suino. È attualmente in corso il confronto con sansa a tre fasi non trattata con soluzione alcalina per la preparazione degli idrolizzati. Tesi con sansa e controlli hanno mostrato la maggiore produzione nei primi 10 giorni di attività. La produzione cumulata totale è risultata inoltre significativamente più elevata nei bioreattori trattati con residui post estrazione di idrolizzato proteico rispetto ai controlli, sia per il biogas che per il biometano. Questi risultati aprono la strada per possibili applicazioni degli scarti di bioraffineria alimentata con sottoprodotti della filiera olivicola nell'industria energetica, promuovendo l'utilizzo di materie prime più sostenibili in un'ottica di economia circolare.

Il presente lavoro è stato finanziato dall'Unione Europea - NextGenerationEU nell'ambito del Ministero Italiano dell'Università e della Ricerca (MUR) National Innovation Ecosystem grant

La tutela dell'ambiente per la transizione ecologica

ECS00000041 – VITALITY (a Giovanni Gigliotti e Carla Emiliani) promosso dal Ministero dell'Università e della Ricerca (MUR). Ringraziamo l'Università degli Studi di Perugia e il MUR per il supporto nell'ambito del progetto Vitality.

**Phycoremediation e accumulo di biomassa di specie microalgali autoctone
cresciute nelle acque reflue di un agriturismo**

E. La Bella*, F. Fragalà, E. Salvagno, R. Saccone, S. Terrazzino, S. Lombardo, I. Puglisi, A. Baglieri

***Autore di riferimento:** Emanuele La Bella, e-mail emanuele.labella@phd.unict.it

La coltivazione di microalghe utilizzando le acque reflue urbane come substrato nutritivo rappresenta un promettente concetto di bioraffineria, in grado di offrire molteplici vantaggi: consente la generazione di biomassa che potrebbe essere utilizzata per varie applicazioni, oltre a fornire un efficiente strumento per la rimozione di composti organici e inorganici dalle acque reflue. In questo studio, è stata valutata la potenzialità delle acque reflue urbane, prelevate in due diversi periodi in una struttura agrituristica, come substrato nutritivo per la crescita delle microalghe. I campioni di acque reflue sono stati trattati su scala di laboratorio, inoculando i reattori con *Chlorella vulgaris* e *Scenedesmus quadricauda*, e un ceppo autoctono *Klebsormidium* sp. K39, isolato direttamente dagli effluenti prelevati. Il principale obiettivo dello studio è stato quello di confrontare le performance delle microalghe in termini di depurazione delle acque reflue e produttività di biomassa, utile per sviluppare bio-prodotti ad alto valore aggiunto per ulteriori utilizzi nel settore agricolo. Nelle acque reflue con un livello di inquinanti medio-basso, la coltivazione delle microalghe ha mostrato efficienze di rimozione comprese tra il 57% e il 63% per l'azoto totale, tra il 65% e il 92% per il fosforo totale, tra il 94% e il 95% per il COD. Nell'effluente con un livello di inquinanti medio-alto, le performance di depurazione dei tre ceppi sono state comprese tra il 93% e il 96% per l'azoto totale, tra il 62% e il 74% per il fosforo totale, tra il 96% e il 97% per il COD. Le acque trattate, al termine delle prove sperimentali, hanno mostrato valori di inquinanti adeguati all'uso irriguo in agricoltura, in conformità con la normativa ambientale e nazionale, che stabilisce i limiti di legge per la depurazione delle acque destinate all'irrigazione. Inoltre alla fine del processo si sono sviluppate buone quantità di biomasse microalgali da poter essere impiegate per scopi diversi.

**Fotodegradazione di tadalafil e sildenafil in soluzioni acquose:
efficienza di rimozione, cinetica e fotoprodotto**

A.R. Zizzamia, C. Tesoro, S.A Bufo, M. Brienza, G. Bianco, R. Ciriello, L. Scrano, F. Lelario

Università degli Studi della Basilicata, Dipartimento di Scienze, Via dell'Ateneo Lucano 10 - 85100, Potenza; Dipartimento delle Culture Europee e del Mediterraneo, Via Lanera 20 – 75100, Matera.

***Autore di riferimento:** Filomena Lelario, e-mail filomena.lelario@unibas.it

Negli ultimi anni, farmaci per la disfunzione erettile, come tadalafil e sildenafil, hanno attratto l'attenzione della comunità scientifica a causa del loro elevato consumo, della loro commercializzazione spesso illegale e dei possibili effetti indesiderati che questi farmaci potrebbero avere sull'ambiente [1]. Il mercato illecito di farmaci contraffatti contenenti sildenafil e tadalafil ha causato gravi problemi di salute pubblica e un incremento del loro accumulo nell'ecosistema suolo-acqua [2,3]. Poiché il sildenafil e il tadalafil hanno dimostrato un'elevata stabilità in acqua in diverse condizioni ambientali e sfuggono in parte ai comuni trattamenti di purificazione delle acque, è necessario uno sforzo di ricerca per trovare metodi alternativi di rimozione, limitando la formazione di derivati. Scopo di questo studio è stata la valutazione dell'efficienza ed ecocompatibilità di alcuni processi di fotodegradazione, in presenza e assenza di catalizzatori e ossidanti, per la rimozione simultanea di tadalafil e sildenafil da matrici acquose. Tecniche cromatografiche accoppiate alla spettrometria di massa hanno consentito una puntuale determinazione dei residui non degradati e l'identificazione dei fotoprodotto durante le reazioni fotochimiche, con le relative valutazioni cinetiche.

Bibliografia

- [1] M. A. Pinto et al., Brazilian J. Pharm. Sci., vol. 58, 2022, <https://doi.org/10.1590/s2175-97902022e19491>.
- [2] J. Ames and D. Z. Souza, Rev. Saude Publica, vol. 46, no. 1, pp. 154–159, 2012, <https://doi.org/10.1590/S0034-89102012005000005>.
- [3] G. Bianco et al., Water 2021, 13(20), 2859; <https://doi.org/10.3390/w13202859>

Valutazione della disintegrabilità di un biopackaging e dell'ecotossicità dei suoi prodotti di compostaggio su *Eisenia fetida* e microorganismi

Enrica Marini, Arianna De Bernardi*, Francesca Tagliabue, Francesca Bandini, Gianluca Brunetti, Uberson Boaretto Rossa, Edoardo Puglisi, Cristiano Casucci, Costantino Vischetti

***Autore di riferimento:** Arianna De Bernardi, e-mail a.debernardi@pm.univpm.it

L'imponente diffusione di plastica nell'ambiente ha spinto la comunità scientifica a proporla come indicatore stratigrafico geologico dell'era dell'Antropocene. Tra le proposte volte al contenimento di questo tipo di inquinamento spiccano, oltre alla riduzione della produzione di oggetti monouso, lo sviluppo di nuovi materiali in grado di sopperire alle funzioni della plastica convenzionale, ma che siano in grado di biodegradarsi in tempi ammissibili, come le bioplastiche. Nel mercato dei manufatti bioplastici, il settore degli imballaggi è trainante. La richiesta crescente di alternative sostenibili per il packaging da risorse rinnovabili è fortemente incentivata, per ridurre sprechi promuovendo il riciclo di materiale di scarto all'interno di progetti di economia circolare. Il presente lavoro, si concentra sullo studio della disintegrazione e sulla valutazione dell'eventuale ecotossicità di un packaging innovativo bio-based costituito prevalentemente da paglia compressa e film bioplastico. Di questo imballaggio è stata valutata la disintegrabilità fisica e l'evoluzione microbiologica in un processo aerobico di compostaggio, il packaging è stato testato alle concentrazioni del 6 e 2% (w/w) mescolandolo ad un substrato costituito da scarti organici. Dal ventunesimo giorno, ogni tre settimane, sono stati condotti campionamenti per valutare l'ipotesi di disintegrazione accelerata e sono stati prelevati dei campioni per condurre l'analisi microbiologica (Next Generation Sequencing; NGS). A fine processo il compost ottenuto e i residui di bioplastica sopra vaglio di 2 mm sono stati testati separatamente addizionati a diverse concentrazioni ad un suolo artificiale standard, per valutarne gli effetti tossicologici sul lombrico *Eisenia fetida* in termini di fertilità, biomassa, danno genotossico (Comet Assay) e microbioma intestinale (NGS). I risultati del compostaggio hanno mostrato livelli di disintegrazione elevati e vicini alla soglia del 90% già dal primo campionamento in entrambe le tesi. I residui del biopolimero a seguito del processo di compostaggio sono risultati ininfluenti sull'attività riproduttiva dei lombrichi. Al contrario il compost al 20% ha stimolato significativamente la fertilità, ma alla dose del 40% questo effetto non è stato mantenuto ed all'80% è stata invece registrata mortalità. A livello di danni precoci al DNA si nota un trend dose dipendente con l'aggiunta di compost, probabilmente a causa dell'elevata salinità di questa matrice. Le analisi riguardanti la metagenomica sono in corso.

**BIODEGRADABILITY OF CELLULOSE AND CHITOSAN BASED MULCHING FILMS
ENRICHED WITH MONOAMMONIUM PHOSPHATE**

Sara Paliaga^{1*}, Vito Armando Laudicina¹, Luigi Badalucco¹, Delia Francesca Chillura Martino²,
Veronica Concetta Ciaramitaro², Gian Marco Salani³, Silvia Rita Stazi³,
Enrica Allevato⁴, Vittorio Vinciguerra⁵

¹*Department of Agricultural, Food and Forest Sciences, University of Palermo, Italy*

²*Department of Biological, Chemical and Pharmaceutical Sciences and Technologies, University of Palermo, Italy*

³*Department of Chemical, Pharmaceutical and Agricultural Sciences, University of Ferrara, Italy*

⁴*Department of Environmental and Prevention Sciences, University of Ferrara, Ferrara, Italy*

⁵*Department for Innovation in Biological, Agro-Food and Forest Systems, University of Tuscia, Viterbo, Italy*

***Autore di riferimento:** Sara Paliaga, e-mail paliagasara@unipa.it

Plastic pollution has emerged as a significant environmental concern, particularly in the agricultural sector, where plastic mulching films are commonly used to enhance crop productivity and control weeds. However, the extensive use of conventional plastic films has led to serious environmental issues, including soil contamination and accumulation of non-biodegradable waste. Therefore, there is a growing need to develop sustainable alternatives that can provide similar benefits without causing long-term harm to the environment. Within the Mulching+ project, funded by the Italian Ministry of University and Research, innovative mulching films based on cellulose and chitosan, as well enriched with ammonium phosphate ($\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$), have been developed. However, if such innovative films are biodegradable or not, it is under investigation. The aim of this study was to assess the chemical characterization and biodegradability of these innovative mulch films.

For the study, 4 types of mulch films were used. The films were prepared using a 1:1 or 17:3 mass ratio of chitosan to cellulose, both with and without the addition of 90% $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$. First, an elemental analyzer-isotope ratio mass spectrometer (EA-IRMS) coupled system was used to evaluate C and N concentrations of these films and their isotopic signatures (i.e., $\delta^{13}\text{C}$ and $\delta^{15}\text{N}$). Moreover, the films were analyzed by pyrolysis-gas chromatography-mass spectrometry (Py-GC-MS) in order to characterize their chemical structure according to the different components. Furthermore, by means of Py-GC-MS a fingerprint is obtained which is useful both for highlighting any structural changes due to biodegradation and for determining its presence in soil matrices.

To test the biodegradability, the films were cut into pieces less than 5 mm in size and added to the soil at a ratio of 1.5% (w/w). During a 120-day monitoring period, CO_2 emission was measured. According to ISO 17556, a plastic material is considered biodegradable if the difference in CO_2 -C between the soil with the film and without (control soil) is 90% or more of the carbon added as film.

La tutela dell'ambiente per la transizione ecologica

The obtained results indicated that the CO₂-C difference between the 1:1 mass ratio film-modified soil and the control soil was greater than 90% of C added as film, suggesting that the 1:1 films are completely biodegraded within 120 days. In contrast, films with a 17:3 mass ratio did not achieve complete biodegradation within 120 days.

In conclusion, this study showed that mulch films made with 1:1 ratio exhibit good biodegradability in soil. These results offer promising prospects for the use of these innovative films as a sustainable alternative to plastic in agricultural mulching practice. Further research will be needed to optimize film formulations and evaluate their effectiveness in the field.

Sintesi di materiali compositi per la depurazione di acque reflue

Alessandro Latte¹, Filomena Sannino¹, Domenico Pirozzi²

¹Dipartimento di Agraria, Università degli Studi di Napoli "Federico II", Portici (NA)

²Dipartimento di Ingegneria Chimica, dei Materiali e della Produzione Industriale,
Università degli Studi di Napoli "Federico II", Napoli

***Autore di riferimento:** DOMENICO PIROZZI, e-mail domenico.pirozzi@unina.it

Gli impianti di trattamento tradizionali sono generalmente poco efficienti per quanto riguarda l'eliminazione dei contaminanti organici recalcitranti dalle acque reflue agricole, e ciò costituisce una seria minaccia per l'ambiente. Scopo di questo studio è la sintesi di materiali nanocompositi in grado di combinare le potenzialità di adsorbimento, fotocatalisi e catalisi enzimatica. In quest'ottica, l'enzima laccasi, che può degradare efficacemente una varietà di composti fenolici e non fenolici, è stato immobilizzato su nanoparticelle di titania, un materiale fotocatalitico adatto alla degradazione di molti contaminanti organici. L'applicazione su larga scala delle nanoparticelle di titania è tuttora ostacolata dalla loro tendenza ad agglomerarsi, nonché dalla difficoltà di recuperare la polvere di TiO₂ dal flusso di liquami (Yang et al., 2018; Foo et al., 2010). Questo problema può essere prevenuto immobilizzando le particelle di TiO₂ su matrici solide per facilitarne la dispersione ed il successivo recupero. In quest'ottica, sono stati preparati nanocompositi di titania e chitosano. Il chitosano è un materiale adsorbente ottenuto dai gusci di chitina di gamberi e altri crostacei. Essendo un adsorbente a basso costo ottenuto da scarti agroindustriali, lo sfruttamento del chitosano è in linea con i principi dell'Economia Circolare (Khan et al., 2020; Wu et al., 2021). Sono stati effettuati test cinetici e di equilibrio per caratterizzare i nanocompositi titania-chitosano, e sviluppate adeguate procedure di rigenerazione per garantire il loro sfruttamento a lungo termine.

Bibliografia

1. Yang X. et al., ACS Applied Energy Materials, 2018, 1, 6657–6693. 2. Foo K.Y. et al., Adv Coll Interface Sci, 2010,159,130–143. 3. Khan A. et al., ACS Sustainable
2. Chem. Eng., 2020, 8, 4708–4727. 4. Wu, Y. et al., Optical Materials, 2021, 122 (Part A), 111723.

DEPURAZIONE DELLE ACQUE DA CONTAMINANTI ORGANICI ATTRAVERSO ADSORBIMENTO SU NANOCOMPOSITI MAGNETICI

Alessandro Latte¹, Domenico Pirozzi², Filomena Sannino^{1*}

¹*Dipartimento di Agraria, Università degli Studi di Napoli "Federico II", Portici (NA)*

²*Dipartimento di Ingegneria Chimica, dei Materiali e della Produzione Industriale,
Università degli Studi di Napoli "Federico II", Napoli (NA)*

***Autore di riferimento:** Sannino Filomena, e-mail fsannino@unina.it

Attualmente l'ambiente è contaminato da numerose sostanze che rappresentano un pericolo per la salute dell'uomo e dell'ambiente stesso. In particolare, l'inquinamento delle acque desta grande preoccupazione poiché le risorse idriche sono alla base della vita e di tutte le attività umane. Le principali fonti di inquinamento idrico comprendono gli scarichi di acque reflue urbane, industriali e quelle derivanti da attività agricole. Tra gli inquinanti riscontrati nelle acque superficiali e sotterranee si annovera la presenza di contaminanti organici quali prodotti farmaceutici, coloranti, e pesticidi. Per affrontare il problema della contaminazione non basta adottare azioni preventive ma è anche necessario avvalersi di valide tecnologie di depurazione. I numerosi metodi di decontaminazione esistenti includono la sedimentazione, la filtrazione a membrana, la biodegradazione, i processi di ossidazione avanzata, l'adsorbimento, l'elettrocatalisi e la fotocatalisi. L'adsorbimento è una delle tecniche più comuni essendo efficace, semplice da implementare, economico ed esente dalla formazione di sottoprodotti. Tra le molteplici tipologie di materiali impiegati nei processi di adsorbimento, i materiali magnetici offrono l'ulteriore vantaggio di consentire una separazione semplice e rapida dell'adsorbente dal sistema acquoso trattato; infatti, non sono necessarie operazioni di separazione quali la filtrazione o la centrifugazione ma è sufficiente l'applicazione di un campo magnetico esterno. Ciò contribuisce anche ad agevolare la fase di rigenerazione dell'adsorbente, necessaria affinché esso possa essere riutilizzato in un nuovo processo di adsorbimento. Il presente lavoro si propone la depurazione di acque contaminate da svariati classi di inquinanti organici attraverso l'uso di nanocompositi magnetici. In particolare, tre nanocompositi magnetici metallo-ceramici, due dei quali sintetizzati a partire dalla zeolite A e uno a partire dalla clinoptilolite, sono stati impiegati per la rimozione da soluzione acquose di sulfanilamide, un antibiotico appartenente alla classe dei sulfamidici, e di simazina, un erbicida appartenente alla classe delle triazine. In entrambi i casi, sono stati valutati l'effetto del pH, del tempo di contatto e della concentrazione iniziale di inquinante sulla capacità adsorbente dei suddetti materiali magnetici. Inoltre, sono stati effettuati esperimenti volti ad attestare la possibilità di rigenerare e dunque riutilizzare gli adsorbenti impiegati. I risultati ottenuti sono stati estremamente incoraggianti, dimostrando che l'adsorbimento con materiali magnetici rappresenta un metodo efficace ed economicamente conveniente per la decontaminazione delle acque.

Caratterizzazione bio-molecolare e proprietà antibatteriche di estratti acquosi da compost verdi

Verrillo M. 1*, Del Gaudio S.2, Di Meo V.2, Savy D.2, Piccolo A.2, Cozzolino V 1,2

¹*Interdepartmental Research Centre on Nuclear Magnetic Resonance (NMR) for the Environment, Agroo-food and New Materials (CERMANU), University of Naples Federico II, Portici, Italy*

²*Department of Agricultural Sciences, University of Naples Federico II, Portici, Italy*

***Autore di riferimento:** Mariavittoria Verrillo, e-mail mariavittoria.verrillo@unina.it

Il compostaggio ricopre un ruolo chiave per lo sviluppo sostenibile. La sostanza organica dissolta (DOM) è considerata la frazione organica maggiormente attiva estratta dal compost regolando la dinamica degli ecosistemi agrari. L'obiettivo del presente lavoro è stato quello di confrontare diversi compost verdi per quanto riguarda: 1) la composizione chimica dei compost e delle rispettive DOM; 2) gli effetti sulla germinazione e sviluppo di plantule di *Zea mays*; 3) la valutazione delle possibili proprietà antiossidanti e antibatteriche di ciascuna DOM. Inoltre, è stata valutata l'attività di proliferazione microbica degli estratti acquosi verso alcuni ceppi microbici coinvolti nel processo di compostaggio come *Ureubacillus terrenus*, *Frigobacterium faeni* e *Geobacillus thermodenitrificans*. I compost verdi sono stati prodotti mediante compostaggio aziendale utilizzando biomasse vegetali quali carciofo, finocchio, albedo di limone, peperone e scarti della lavorazione del caffè. Il processo di compostaggio è stato effettuato presso l'Azienda Sperimentale del Dipartimento di Agraria (UNINA). La caratterizzazione degli estratti e delle biomasse utilizzate, è stata effettuata tramite 13 C-CPMASNMR, 1H-NMR, TGA, FT-IR, THM-GC-MS e HPSEQ, mentre il contenuto relativo di composti fenolici è stato determinato mediante saggio Folin-Ciocalteu. Le proprietà antiossidanti sono state valutate mediante reattivi ABTS e DPPH, mentre l'attività antibatterica è stata determinata mediante diluizioni scalari in terreno liquido (MIC) e saggio di diffusione sul disco in terreno solido su ceppi microbici multi-drug resistance coinvolti nello sviluppo di alcune patologie umane come *Staphylococcus aureus*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Salmonella Thyphi* ed *Helicobacter pylori*. I risultati hanno mostrato che tutti gli estratti testati presentano proprietà antiossidanti maggiori rispetto ai controlli con valori più elevati nel caso delle DOM da carciofo e da finocchio. Inoltre, gli stessi materiali presentano una spiccata attività antibatterica contro alcuni ceppi gram negativi testati in un range intervallo di concentrazioni che varia da 1 a 1000 ppm. Inoltre, DOM-Peperone e DOM-Carciofo inducono una stimolazione della proliferazione microbica nel caso di ceppi del genere *Bacillus* pari a 108 rispetto al CTRL (104). Il differente comportamento dei materiali può essere spiegato sulla base della diversa composizione chimica. In particolare, esso potrebbe essere legato al maggiore contenuto di composti aromatici e fenolici presenti negli estratti acquosi da carciofo e finocchio rispetto agli altri materiali caratterizzati e testati che invece hanno mostrato una maggiore componente idrofobica. I risultati ottenuti supportano una potenziale applicazione di questi materiali ecocompatibili come composti naturali bio-attivi nel campo agro-alimentare ma anche nel settore nutraceutico.

**LE INTERAZIONI DEL SUOLO PER LA
MULTIFUNZIONALITÀ DEI SISTEMI AGRARI E
FORESTALI**

Relatore: Paolo Nannipieri

RELAZIONE AD INVITO

La pianta può modificare in modo persistente le attività biochimiche del suolo?

Nannipieri Paolo

*Professore Emerito della Università degli Studi di Firenze e
Vice Presidente della Fondazione per il Clima e la Sostenibilità*

L'impiego delle tecniche molecolari ha evidenziato differenze tra giorno e notte nella espressione genica del suolo rizosferico di una piantina di orzo. Transcritti relativi al metabolismo di carboidrati, nucleotidi, aminoacidi e vitamine aumentavano durante la notte in seguito a variazioni nella composizione di essudati radicali. Ciò ha portato a studiare come la variazione diurna influenza la competizione tra pianta e microorganismi per le forme di azoto inorganico e la distribuzione del carbonio foto-sintetizzato nella pianta usando $^{13}\text{CO}_2$ e composti azotati inorganici arricchiti in ^{15}N . La dinamica diurna di questi processi era più importante nel frumento che nel mais. L'impiego di tecniche molecolari ha confermato la marcata differenza nel rilascio di essudati radicali lungo la radice con differenze di attività biochimica e microbiologica nel suolo rizosferico a seconda della sua posizione rispetto alla radice. Tuttavia, la durata degli effetti della pianta dovuti alle rizodeposizioni sono stati poco studiati e quindi poco conosciuti. Sappiamo dalla pratica agronomica che le monoculture possono stimolare la crescita di patogeni per la pianta nel suolo e che tale effetto è mitigato da pratiche agronomiche che alternano culture diverse. Studi sono necessari per valutare come la durata pluriennale di una coltura influenza l'attività biochimica e le proprietà microbiologiche del suolo, da cui dipendono le funzioni del suolo. Si discute quindi di piani sperimentali e tecniche da usare per migliorare le conoscenze sugli effetti duraturi delle rizodeposizioni sulle proprietà del suolo. Tali studi possono migliorare le pratiche agronomiche sostenibili che mitigano gli effetti negativi delle monoculture e migliorano le attività biochimiche del suolo benefiche per la pianta.

CONTRIBUTI ORALI

Earthworms as ecological engineers enhancing the physico-chemical soil properties

Rosangela Adesso^{1*}, Carmine Crecchio², Agostino Sorgonà³, Adriano Sofo¹

¹*Department of European and Mediterranean Cultures: Architecture, Environment and Cultural Heritage (DiCEM), Università degli Studi della Basilicata, Via Lanera 20, 75100 Matera, Italy*

²*Department of Soil, Plant and Food Sciences, Università degli Studi di Bari Aldo Moro, Bari, Italy*

³*Department of Agricultural Science, Università Mediterranea di Reggio Calabria, località Feo di Vito, 89122 Reggio Calabria, Italy*

***Autore di riferimento:** Rosangela Adesso, e-mail addros04@gmail.com

Earthworms represent the most relevant component of the soil macrofauna for their capacity to improve the soil fertility and quality, playing a crucial ecological role in maintaining its health through the bioturbation and microbial interactions processes, which increase the porosity and aeration, as well as the nutrients availability. This work aims to shed light on the epigeic earthworms (*Eisenia* sp.) effects on the development of two plant species (*Brassica oleracea*, broccoli; *Vicia faba*; faba bean), by changes in the soil chemico-physical properties induced by them. Using mesocosm techniques, plants were grown outdoors for four months with or without earthworms. Earthworms abundance and soil chemico-physical properties (temperature and water content throughout the experiment; macroporosity, water holding capacity, pH, organic carbon and total nitrogen at the beginning and at the end of the trial; bioturbation) were determined. Plants morphometric parameters were also measured at the end of the experiment. Earthworms' number and total weight doubled during the trial. They induced changes in the soil chemico-physical properties. Their presence increased the soil macroporosity (+16%, mean value) and water holding capacity (+9%, mean value), as well as the bioturbation level. A significant decrease of soil organic carbon in presence of earthworms on both species were detected at the end of experiment, probably related to the higher organic matter mineralization processes; whereas the significantly higher total nitrogen in the controls of both species compared to the treatments with earthworms suggested that they can promote the readily available N uptake by roots. Finally, earthworms significantly improved the shoots and roots growth of both species. These results confirm earthworms soil enhancing and plant growth supporting action, useful to make more sustainable the soil management in agroecosystems.

This study was carried out within the Agritech National Research Center and received funding from the European Union Next-GenerationEU (PIANO NAZIONALE DI RIPRESA E RESILIENZA (PNRR) – MISSIONE 4 COMPONENTE 2, INVESTIMENTO 1.4 – D.D. 1032 17/06/2022, CN00000022). This work reflects only the authors' views and opinions, neither the European Union nor the European Commission can be considered responsible for them.

IL SISTEMA RHIZOTEST COME APPROCCIO PER LO STUDIO DELL'EFFETTO DEI FERTILIZZANTI ORGANICI SUL SISTEMA SUOLOPIANTA

Andrea Ciurli, Martina Mazzon, Luciano Cavani, Claudio Ciavatta

***Autore di riferimento:** Andrea Ciurli, e-mail andrea.ciurli3@unibo.it

Studiare le relazioni tra suolo, microbioma e pianta è fondamentale per definire i processi alla base dei meccanismi attraverso cui le piante si nutrono. La rizosfera è definita come lo spazio immediatamente adiacente alle radici che risente direttamente dell'azione di esse. Le piante producono enzimi, acidi organici, composti fenolici e una serie di altre sostanze che sono rilasciate nel suolo per solubilizzare, chelare e trasformare gli elementi ivi presenti con il fine di renderli disponibili. Uno dei maggiori limiti allo studio della nutrizione vegetale è proprio la difficoltà di campionare e analizzare il suolo strettamente rizosferico separatamente dalle radici, senza compiere errori di sovrastima delle concentrazioni di nutrienti traslocati. In questo lavoro è stato utilizzato il sistema RHIZOtest (ISO 16198:2015) come approccio per studiare l'effetto della concimazione con fertilizzanti organici provenienti dall'industria conciaria, i cui residui se opportunamente trattati possono costituire una preziosa fonte di azoto, sostanza organica e micronutrienti. Il RHIZOtest è stato concepito e sviluppato come strumento per valutare la capacità di specie vegetali coltivate di assorbire elementi in tracce, consentendo la separazione fisica tra la pianta e il suolo attraverso una membrana porosa pur permettendo lo scambio di sostanze grazie ai peli radicali. In questo esperimento, piante di pomodoro (*Lycopersicon esculentum* Mill.) sono state germinate e precoltivate in idroponica per due settimane al fine di ottenere un adeguato accrescimento, successivamente sono state poste a contatto con il suolo e coltivate per 8 giorni. Il suolo è stato preventivamente idratato e concimato con quattro diversi fertilizzanti ottenuti dal trattamento dei sottoprodotti dell'industria conciaria: (i) pelli idrolizzate provenienti dalla concia al cromo, (ii) pelli idrolizzate provenienti dalla concia "metal-free" alle aldeidi, (iii) fango conciario essiccato e (iv) pellicino integrato. Al termine della crescita delle piante sono state effettuate analisi del contenuto in elementi totali, del carbonio organico totale e dell'azoto totale su piante e suoli essiccati; nonché attività enzimatiche idrolitiche in fluorescenza e ossidative sul suolo rizosferico. Alla luce dei risultati ottenuti, RHIZOtest si è dimostrato un modello promettente per studiare gli effetti a breve termine dei fertilizzanti organici sul sistema suolo-pianta e in grado di evidenziare le criticità e potenzialità dei diversi prodotti sulla nutrizione del pomodoro e sulla qualità del suolo rizosferico.

1. De Feudis Mauro

Risposta di pianta e suolo a diverse intensità di potatura

Mauro De Feudis, Gloria Falsone, William Trenti, Gilmo Vianello, Maria Vincenza Chiriaco,
Federico Magnani, Livia Vittori Antisari

***Autore di riferimento:** Mauro De Feudis, e-mail mauro.defeudis2@unibo.it

La potatura è una tecnica efficace per promuovere un'elevata resa di frutta e legno, ma le cui conseguenze sulle dinamiche del suolo nelle vicinanze delle radici risultano essere sconosciute. L'obiettivo di questo lavoro era individuare l'impatto della potatura sul sistema suolo-pianta di un castagneto ubicato all'interno del centro nazionale per lo studio e la conservazione della biodiversità forestale del comune di Alto Reno Terme, Italia. All'interno del castagneto, 4 aree sono state individuate e in ciascuna di essa sono state selezionate 12 piante di cui 3 sottoposte a potatura leggera, 3 a potatura media, 3 capitozzate e 3 non potate. Le piante sono state equipaggiate con tecnologia TreeTalker per il monitoraggio in continuo della produzione primaria netta (PPN) e del flusso di linfa (FL). In prossimità delle piante, campioni di suolo sono stati raccolti alle profondità 0-15 e 15-30 cm durante la ripresa vegetativa nel 2020 (anno dell'intervento) e 2021. I suoli sono stati analizzati per le principali proprietà fisico-chimiche e biochimiche. Inoltre, l'emissione di CO₂ dai suoli è stata misurata. Nel 2020, la più bassa PPN osservata per le piante capitozzate suggerirebbe come tale pratica causa condizioni di stress per le piante di castagno. La più bassa PPN potrebbe aver causato una minore produzione e accumulo di sostanze di riserva con conseguenze durante la ripresa vegetativa del 2021 in cui è stato osservato nelle piante capitozzate un maggiore FL. Tale risultato indicherebbe una maggiore domanda da parte della chioma di sostanze nutritive dalle radici. Infatti, nel 2021 sono stati osservati flussi di CO₂ più elevati con la capitozzatura indicando una maggiore attività radicale. Le maggiori differenze riguardanti le proprietà del suolo sono state osservate nell'intervallo 0-15 cm cioè dove c'è maggiore presenza di radici. Nel 2020, si osserva una maggiore disponibilità di nutrienti in prossimità delle piante capitozzate rispecchiando i più bassi valori di FL e PPN. Al contrario, nel 2021 i suoli PI hanno mostrato una concentrazione di nutrienti più bassi indicando un maggiore assorbimento radicale. Il maggiore stress delle piante capitozzate osservato nel 2020 si ripercuote anche sulla comunità microbica del suolo. Infatti, sono stati trovati valori più elevati di quoziente metabolico e più bassi valori di quoziente microbico. Il presente lavoro evidenzerebbe il forte legame tra piante e loro gestione con la fertilità del suolo in castagneto. Nello specifico, mostrerebbe come potature più intense ha indotto stress nella pianta e peggioramento della fertilità biologica nel suolo.

Cambiamento delle proprietà del suolo e del microbioma associato al micelio di tre specie contemporanee di basidiomiceti: i Fairy Rings del giardino reale della Reggia di Caserta

Roberta Di Lecce, Maurizio Zotti, Mohamed Idbella, Astolfo Zoina,
Giuliano Buonanomi, Maria Antonietta Rao

***Autore di riferimento:** Roberta Di Lecce, e-mail roberta.dilecce@unina.it

Nei prati stabili è frequente il fenomeno dei fairy rings (FR) o cerchi delle streghe generati da colonie di funghi basidiomiceti. Nei FR il micelio dei funghi forma dei fronti ad espansione centrifuga in ricerca di nuove aree da colonizzare e materia organica da degradare; come conseguenza, il suolo cambia per consistenza e aspetto, diventando friabile, biancastro e con un caratteristico odore fungino. La presenza dei FR è considerata di fondamentale importanza nel regolare la ricchezza delle specie in prateria ed è accompagnata da un cambiamento della vegetazione sul fronte fungino. Data tale azione di ingegneri ecosistemici, i FR sono classificati in base all'effetto della vegetazione: • Tipo I, prima sopprimono la vegetazione e poi la stimolano; • Tipo II, producono solo una stimolazione della vegetazione; • Tipo III, non causano alcun effetto. Non è ancora chiaro se il cambiamento nella vegetazione e nel suolo dipenda dalla specie fungina, poiché un confronto tra le specie è reso difficile dalla stagionalità dei funghi. Nel novembre 2022 nel giardino reale della Reggia di Caserta è stata osservata la presenza di molti FR formati da 3 specie diverse. La manifestazione del fenomeno ha reso possibile studiare e confrontare gli effetti del micelio a livello speciespecifico sul microbioma del suolo e sulle sue proprietà chimiche e biochimiche. La comunità di FR oggetto di studio era formata da 3 specie diverse: *Marasmius oreades* (FR Tipo I), *Amanita vittadini* (FR Tipo II), e *Clitopilopsis hirneola* (FR Tipo III). Per ogni specie sono stati studiati 5 FR campionando per ognuno di essi tre posizioni diverse rispetto al fronte fungino: prima del passaggio del fungo (OUT), in corrispondenza del fronte fungino (ON) e ad un metro dal fronte fungino verso l'interno della colonia dove è avvenuto il passaggio del micelio (IN). La presenza del micelio fungino con la sua attività biologica ha determinato un'acidificazione del suolo ed un aumento della conducibilità elettrica, legata ad un aumento di nutrienti presenti, come dimostrato dall'analisi dei nutrienti biodisponibili con un trend crescente per ciascuno di essi. Si è osservata, inoltre, una maggiore presenza di carbonio organico ed un aumento della biomassa microbica e della respirazione del suolo in presenza del micelio fungino. In base alle attività degli enzimi laccasi e Mn perossidasi è stato possibile evidenziare una strategia di degradazione della lignina differente a seconda della specie fungina.

POSTER

Idrorepellenza indotta dal riscaldamento in miscele di minerali e lettiere forestali

Sara Negri, Mohammad Ali Monajjem, Marta Iannicelli, Eleonora Bonifacio

***Autore di riferimento:** Eleonora Bonifacio, e-mail eleonora.bonifacio@unito.it

Gli incendi boschivi sono sempre più frequenti ed estremi a causa del cambiamento climatico in atto. Il passaggio del fuoco induce profonde modificazioni nelle caratteristiche del suolo e delle sue componenti. In ambiente alpino i fenomeni erosivi sono comuni e lo sviluppo di idrorepellenza a seguito del riscaldamento può intensificare il ruscellamento superficiale e la conseguente perdita di suolo. Sia l'idrorepellenza iniziale che il suo sviluppo a seguito del riscaldamento variano in funzione dei parametri quantitativi e qualitativi della frazione organica e minerale. Il presente lavoro si è posto lo scopo di limitare la variabilità riscontrabile in campo per indagare i meccanismi alla base dell'idrorepellenza con un sistema additivo. Fillosilicati del tipo 1:1 (caolinite, serpentino) e 2:1 (montmorillonite, biotite) sono stati miscelati con lettiere di specie forestali (*Pinus sylvestris* L., *Fagus sylvatica* L.) in concentrazioni di 10-30-70 g kg⁻¹ di carbonio organico (OC). I campioni sono stati sottoposti a riscaldamento per 30 minuti a temperature da 100 a 300 °C e caratterizzati, misurando l'idrorepellenza con il Water Drop Penetration Time test (WDPT). I risultati sono stati interpretati alla luce delle caratteristiche qualitative della componente organica (FT-IR and ¹³C NMR) e minerale (tipologia di fillosilicato e area superficiale). A temperature ambiente tutte le miscele hanno mostrato un aumento di idrorepellenza in funzione della quantità di sostanza organica aggiunta, con tempi d'infiltrazione più elevati per valori minori di area superficiale. Solamente la montmorillonite è risultata idrofilica, perfino quando miscelata con lettiera di pino in quantità pari a 70 g kg⁻¹ OC. In tutte le miscele, l'idrorepellenza ha raggiunto un massimo a 200 °C. Valori di WDPT oltre 8000 secondi sono stati registrati nel caso di fillosilicati 1:1 miscelati con lettiera di pino. L'area superficiale e la conseguente disponibilità di siti per l'adsorbimento dei composti organici è risultata quindi un fattore fondamentale, che ha prevalso sulla presenza di foglietti idrofilici esposti nei fillosilicati 1:1. L'idrorepellenza è drasticamente scomparsa a temperature maggiori di 200 °C, raggiungendo valori inferiori a quelli ottenuti a temperatura ambiente. Questo lavoro ha quindi evidenziato la vulnerabilità dei suoli alpini nei confronti di fenomeni di ruscellamento superficiale post-incendio. Le superfici minerali possono essere facilmente saturate da composti organici, anche a contenuti di sostanza organica facilmente riscontrabili nei suoli forestali.

Determinazione del contenuto di metalli pesanti e delle variazioni di indici multispettrali in piante di mais allevate su suoli contaminati artificialmente

Cozzolino V.^{1,3}, Verrillo M.³, Melchionna M.³, Savarese C.², Gargiulo M.²,
Tufano F.², Parrilli S.², De Mizio M.², Piccolo A¹

¹*Dipartimento di Scienze Agrarie, Università di Napoli Federico II, Portici, Napoli, Italia.*

²*Centro Italiano Ricerche Aereospaziali, Via Maiorise snc, 81043 Capua, Italia*

³*Centro di Ricerca Interdipartimentale sulla Risonanza Magnetica per l'Ambiente, l'Agro-Alimentare ed i Nuovi Materiali, Università di Napoli Federico II, Portici, Napoli, Italia.*

***Autore di riferimento:** Vincenza Cozzolino, e-mail vincenza.cozzolino@unina.it

La regione Campania è un territorio ideale per valutare problematiche relative alla contaminazione del sistema suolo. Studi recenti hanno mostrato che elementi come Cr, Cu, Zn e Pb in alcune zone della regione, hanno un livello di concentrazione medio più alto (quasi doppio) rispetto ai suoli italiani ed europei, suggerendo un arricchimento geochimico regionale di questi elementi (1, 2). Inoltre, diverse aree campane, presentano metalli pesanti in eccesso come Pb, Zn e Cr, spesso in combinazione con livelli elevati di alcuni idrocarburi policiclici aromatici (IPA) (3). Il presente studio è stato svolto nell'ambito del progetto ASISTOPP, il quale si propone di analizzare le potenzialità della bio-indicazione vegetale, in associazione a tecniche di telerilevamento per l'identificazione precoce dei contaminanti, necessaria per sviluppare un sistema di monitoraggio efficiente l'individuazione delle aree a rischio. Abbiamo eseguito uno studio preliminare, allestendo una prova in vaso, applicando ad un suolo agricolo una miscela di contaminanti inorganici come Pb, Cr e Zn in aggiunta ad un contaminante organico, il benzopirene, a concentrazioni tre volte superiori i limiti di legge per i suoli agrari. La specie scelta come bio-indicatore è stata *Zea mays*, diffusamente coltivata nella regione oggetto di studio. I suoli contaminati sono stati incubati per circa 25 giorni prima dell'inizio dell'esperimento in pianta. In seguito, sono stati preparati dei vasi da 2.5 kg di suolo, seminati con *Zea mays*, allestendo i seguenti trattamenti: 1) controllo (CT); 2) contaminato; 3) controllo più sostanze umiche estratte da compost verde (HS); 4) contaminato più HS. Dopo 45 giorni, sono state condotte misure tramite sensori nel visibile, multispettrali e termici. Al termine, abbiamo valutato la biomassa prodotta, prelevato campioni di suolo, foglie, fusti e radici, i quali sono stati analizzati per stimare il contenuto degli inquinanti utilizzati per l'esperimento, tramite spettrofotometria ad assorbimento atomico. Non state rilevate differenze significative nella biomassa prodotta tra piante controllo e contaminate. Al contrario, per entrambi i trattamenti, CT e contaminato con l'aggiunta di HS, abbiamo ottenuto un raddoppio della biomassa prodotta. I dati ottenuti tramite telerilevamento si sono rivelati coerenti e correlabili ai risultati di biomassa prodotta nei diversi trattamenti. Le piante allevate su suoli contaminati hanno mostrato una concentrazione decisamente superiore dei tre metalli indagati nelle radici, fusto e foglie, con una tendenza diversa di accumulo a seconda del metallo considerato. Mentre lo Zn si comporta quasi da accumulatore, l'andamento è completamente diverso per il Pb e il Cr.

Il recupero di suoli agricoli come nature-based solution per la tutela della biodiversità

Tiziana Danise¹, Antonietta Fioretto², Olga De Castro³, Emanuela Di Iorio³,
Daniele De Luca³, Michele Innangi⁴, Claudio Zaccone¹

¹*Dipartimento di Biotecnologie, Università di Verona, Verona, Italia*

²*Dipartimento di Scienze e Tecnologie Ambientali, Biologiche e Farmaceutiche, Università degli Studi della Campania "Luigi Vanvitelli", Caserta, Italia*

³*Dipartimento di Biologia, Università degli Studi di Napoli Federico II, Napoli, Italia*

⁴*Dipartimento of Bioscienze e Territorio, Università del Molise, Pesche, Isernia, Italia*

***Autore di riferimento:** Tiziana Danise, e-mail tiziana.danise@univr.it

Il ripristino degli ecosistemi degradati e l'utilizzo di pratiche agricole sostenibili sono tra gli obiettivi del programma globale Agenda 2030 delle Nazioni Unite che identifica la biodiversità del suolo come il fulcro delle Nature-based Solutions per la mitigazione dei cambiamenti climatici. Le pratiche agricole non sostenibili, infatti, rappresentano un rischio concreto per il funzionamento del suolo, incidendo fortemente su numerosi aspetti, primo fra tutti la quantità e la qualità della sostanza organica, con conseguente perdita di fertilità, e favorendo fenomeni come il compattamento, l'erosione e la perdita di biodiversità. Quest'ultima, in particolare, influenza la 'salute' dell'ecosistema in risposta al cambiamento globale. Considerati i molteplici vantaggi offerti dalle piantagioni miste in termini di servizi ecosistemici e socio-economici, il presente studio propone l'utilizzo di una specifica gestione forestale per il recupero di suoli sovrassottati valutandone l'impatto su parametri chimici e biologici. A tal fine, è stato identificato un sito in prossimità di Empoli caratterizzato da un impianto misto allestito su un terreno agricolo. Sono state considerate diverse parcelle contraddistinte dalla presenza di specie accessorie (azotofissatrici e non) in consociazione a specie di pregio, nonché un suolo agricolo adiacente utilizzato come controllo. Il *Populus alba* e lo *Juglans regia* sono le specie di pregio coinvolte in ciascuna consociazione, accompagnate da una specie accessoria, rispettivamente *Alnus cordata* e *Elaeagnus umbellata*, entrambe N-fissatrici, e *Corylus avellana*. Sui corrispondenti suoli (0-10 cm) sono stati poi determinati una serie di parametri chimici, quali contenuto di carbonio organico, azoto totale, lignina, cellulosa e fosforo biodisponibile, nonché biologici, ossia l'attività dell'enzima fluoresceina diacetato idrolasi e, mediante analisi di metabarcoding, sono state identificate le specie fungine. I risultati ottenuti indicano che la gestione forestale ha indotto, rispetto al suolo agricolo, un aumento di tutti i parametri considerati. Quanto emerge dall'analisi del DNA fungino risulta di particolare rilievo in termini biodiversità e ruolo ecologico rappresentato dalle gilde afferenti alle differenti famiglie identificate. L'analisi multivariata ha messo in luce importanti differenze sia tra le consociazioni considerate, laddove la presenza dell'*Alnus cordata* ha indotto un incremento della maggior parte dei parametri considerati, che tra le consociazioni e il suolo agricolo. Pertanto, l'individuazione di una gestione forestale in grado di implementare la qualità chimica e biologica del suolo rappresenta una valida strategia per il ripristino di suoli marginali, soprattutto alla luce dei futuri scenari di cambiamento climatico.

Effetto del vermicompost sulle proprietà del suolo di due aziende agricole operanti nella Piana del Sele

Roberta Di Lecce, Giuseppe Paolo Coppola, Giuseppe Di Rauso Simeone,
Carmine Amalfitano, Maria Antonietta Rao

***Autore di riferimento:** Roberta Di Lecce, e-mail roberta.dilecce@unina.it

La Piana del Sele sta diventando uno dei poli principali a livello Europeo per la produzione di IV gamma, ma la coltivazione di tipo intensivo sta determinando un depauperamento della fertilità fisica, chimica e biologica dei suoli. La richiesta di un ammendante organico di qualità che possa essere usato per il recupero della qualità del suolo può essere soddisfatta, in questo areale, dalle numerose aziende bufaline e bovine. Queste aziende, infatti, producono ingenti quantità di reflui da smaltire che possono essere trasformati in ammendanti organici mediante trattamenti che si stanno diffondendo nella Piana del Sele, come la digestione anaerobica, il compostaggio e il vermicompostaggio. Il vermicompost (VC) è un ammendante prodotto in condizioni mesofile dai lombrichi, i quali degradano e trasformano la sostanza organica contemporaneamente ai microrganismi. Il VC è ricco in azoto, potassio, fosforo, micronutrienti e microorganismi benefici per la funzionalità del suolo. Inoltre, è stato dimostrato che favorisce la crescita delle piante, presenta un'azione soppressiva nei confronti dei patogeni terricoli e migliora la struttura fisica del suolo, aumentandone la porosità totale e la capacità di trattenere acqua. Nel presente studio è stato studiato l'effetto di un VC somministrato a due differenti dosi (8 e 16 t ha⁻¹), per due anni successivi, sulle proprietà chimiche e biochimiche di suoli presso l'azienda agricola Cerro di Marino Sorgente in tunnel dedicati alla produzione di rucola in convenzionale, e presso l'azienda agricola Irma Sorgente in tunnel dedicati alla produzione di spinacio in biologico. È stato usato il VC prodotto dall'azienda C&F Energy. Il suolo è stato campionato ed analizzato per le sue proprietà chimiche e biochimiche, nelle annate 2021-2022 e 2022-2023, subito dopo l'aggiunta dell'ammendante e a termine dei cicli produttivi stagionali. Mentre nel primo anno le risposte sono state più marcate in termini di incremento di P disponibile, Corg, C microbico e attività enzimatiche del suolo, reiterando il trattamento con VC anche al secondo anno, in entrambe le aziende è stata osservata una variazione più contenuta dei parametri studiati, in particolare C organico e alcune attività enzimatiche, che però hanno mostrato una maggiore stabilità dopo i cicli colturali.

Allocazione del carbonio nella rizosfera del riso - interazioni tra i cicli biogeochimici del carbonio e del ferro ed implicazioni per le emissioni di metano.

Ehlinger A., Patono D., Celi L., Said-Pullicino D.

***Autore di riferimento:** Alexine Ehlinger, e-mail alexine.ehlinger@unito.it

Le risaie hanno un enorme potenziale per la mitigazione del cambiamento climatico. Infatti, questi agrosistemi, pur essendo importanti emettitori di metano (CH₄), sono anche capaci di sequestrare grandi quantità di carbonio (C). Il bilancio tra le funzioni di stoccaggio o fonte emissiva di C è regolato da numerosi fattori, tra i quali la rizodeposizione di C dalle radici di riso. Questa fonte di C che rappresenta un apporto annuale di circa 200-330 kg C/ha, può essere stabilizzata e/o indurre la destabilizzazione ("priming") della sostanza organica (OM) associata ai minerali, nonché contribuire alla produzione di CH₄. L'obiettivo del presente studio è di evidenziare come l'uso del C rizodepositato da parte dei microrganismi anaerobici del suolo può controllare i processi legati al ciclo del Fe e alla produzione di CH₄ nella rizosfera. Sono state formulate le seguenti ipotesi: (1) un aumento della rizodeposizione di C può stimolare la dissoluzione riduttiva degli ossidi di Fe(III) da parte di batteri anaerobici Fe-riduttori portando ad un rilascio di OM solubile del suolo associata ad essa; (2) l'utilizzo del C rizodepositato da parte dei microrganismi del suolo è maggiore in suoli con un maggior contenuto di ossidi di Fe facilmente riducibili che fungono da accettori di elettroni in assenza di ossigeno; (3) il contributo del C del suolo alle emissioni di CH₄, rispetto a quello derivante dalla pianta (l'effetto "priming"), aumenta all'aumentare del C rizodepositato, particolarmente in suoli con un elevato contenuto di Fe pedogenetico e OM. A tale scopo, è stato condotto un esperimento in vaso utilizzando due suoli con diversi contenuti di Fe ossalato (0.53 e 4.7 g kg⁻¹) per coltivare riso in serra per 60 giorni in sommersione continua. Le quantità di C rizodepositato sono state modulate attraverso l'applicazione di diverse dosi di azoto minerale. Durante il periodo di crescita della pianta, sono state monitorate le concentrazioni di Fe(II) e di C organico disciolto (DOC) nella soluzione del suolo, nonché le emissioni di CH₄. Durante la fase di maggior crescita vegetativa le piante sono state sottoposte ad una marcatura pulsata di ¹³C₂O₂ per permettere di tracciare il contributo delle rizodeposizioni al C presente nella soluzione del suolo, nella biomassa microbica, stabilizzata sui minerali (rizodeposizione netta), nonché alle emissioni di CH₄. I risultati di questo esperimento permetteranno di desumere i meccanismi d'interazione fra l'allocazione del C nella rizosfera e i processi biotici che regolano le emissioni di CH₄ dai suoli di risaia.

**Comportamento ed efficienza di *Aporrectodea caliginosa*,
comune lombrico di ambienti agrari, in presenza di compost e biochar in fitotrone**

Federico Gavinelli, Andrea Fasolo, Giuseppe Concheri

***Autore di riferimento:** Federico Gavinelli, e-mail federico.gavinelli@phd.unipd.it

I lombrichi svolgono un ruolo ecologico fondamentale nel miglioramento della struttura del suolo, del drenaggio e della fertilità. La loro azione di scavo favorisce l'accesso dell'acqua e dell'ossigeno alle radici delle piante, migliorando complessivamente la qualità del suolo. Contribuiscono inoltre alla decomposizione, mineralizzazione della sostanza organica e sequestro dei gas serra. Due esperimenti sono stati condotti utilizzando lombrichi della specie *Aporrectodea caliginosa* per valutare il loro comportamento in presenza di diverse quantità di compost organico e biochar, anche in condizioni di stress. I lombrichi sono stati posti in repliche biologiche di suolo essiccato, setacciato e riportato alla capacità idrica di campo. Successivamente, sono state aggiunte dosi di compost e biochar sia separatamente che combinati. Nel primo esperimento, i vasi sono stati idratati periodicamente e sono state seminate piante di pomodoro San Marzano. La crescita delle piante è stata monitorata mediante il rilevamento della percentuale di copertura vegetale e, al termine dell'esperimento, sono stati conteggiati i lombrichi sopravvissuti ed è stata determinata la biomassa vegetale. Nel secondo esperimento si è studiato il comportamento di *Ap. caliginosa* in assenza di piante e in presenza di diversi dosaggi di compost e biochar. Il primo esperimento ha dimostrato che dosi più elevate di compost hanno favorito un miglior sviluppo delle piante di pomodoro, con buona copertura vegetale e sopravvivenza dei lombrichi. Nel secondo esperimento, le dosi più elevate di compost e biochar hanno aumentato il tasso di sopravvivenza e la biomassa dei lombrichi. È stata osservata una presenza significativa di lombrichi in diapausa, indicando condizioni di stress ambientale. Inoltre, le repliche con lombrichi hanno registrato temperature più basse al centro dei vasi rispetto alle repliche senza lombrichi. Questi esperimenti evidenziano la maggiore sopravvivenza dei lombrichi in presenza di compost e biochar suggerendo la necessità di ulteriori studi in ambiente agricolo per valutarne il ruolo nelle dinamiche di riutilizzo delle risorse e l'impatto sul riscaldamento globale.

**Impatto dell'irrigazione con acque reflue agrumarie sulla fertilità del suolo
e sulla coltivazione di *Lactuca sativa***

Lucia C., Pampinella D., Palazzolo E., Badalucco L., Laudicina V.A.

Department of Agricultural, Food and Forest Sciences, University of Palermo, Palermo, Italy

***Autore di riferimento:** Caterina Lucia, e-mail caterina.lucia@unipa.it

L'acqua rappresenta la risorsa naturale da cui dipende la vita di tutti gli organismi e, dunque, la chiave per mantenere e sostenere lo sviluppo socioeconomico. La scarsità di fonti naturali di acqua ha reso indispensabile considerare le acque reflue come un potenziale sistema alternativo per l'irrigazione. In effetti, il settore agricolo risulta essere il più adatto all'uso delle acque reflue, soprattutto nelle aree aride e semi-aride, dove la scarsità d'acqua è diventata una sfida pressante. Recentemente, grande attenzione viene prestata al riutilizzo delle acque reflue da industrie agrumarie (CWWs) a fini irrigui. Le CWWs sono caratterizzate da una significativa quantità di TOC, N, P e K, a seconda del tipo e dello stadio di maturazione dei frutti ma anche delle caratteristiche tecnologiche e costruttive dell'impianto di trasformazione. Sulla base di queste considerazioni, è stato condotto un esperimento in vaso all'interno di una serra per studiare gli effetti di applicazioni ripetute di CWWs non trattate su alcune proprietà chimiche e biochimiche del suolo e sulla coltura di *Lactuca sativa*. La lattuga in vaso è stata irrigata con acque reflue di limone (LWW) o arancia (OWW) diluite con acqua in ragione di 1/3, 2/3 o non diluite (3/3), mantenendo la capacità di ritenzione idrica del suolo tra il 40 e il 60%. L'irrigazione con le acque reflue ha aumentato il contenuto in TOC solo quando le acque reflue sono state applicate alla dose più alta (3/3). La stimolazione della respirazione microbica in seguito all'applicazione delle CWWs ha aumentato il quoziente metabolico (qCO_2), suggerendo la comparsa di condizioni di stress; tuttavia, anche in condizioni di stress, i microrganismi nel suolo irrigato con CWWs, ad eccezione di quelli irrigati con OWWs 3/3, sono stati in grado di assimilare il C organico per la loro crescita, come evidenziato dall'aumento del quoziente microbico (Q_{micr}). I risultati dimostrano che le acque reflue possono essere utilizzate per l'irrigazione del suolo nell'ambito dell'agricoltura sostenibile, poiché aumentano i pool di C totale e labile e stimolano l'attività microbica. Tuttavia, gli effetti sulla lattuga sono stati meno significativi, riscontrando una generale lieve diminuzione nel peso della pianta e nel contenuto in clorofilla. Unicamente, è stato riscontrato un aumento nel contenuto di P e N nelle piante irrigate con OWW 3/3, verosimilmente grazie ad una minore competizione con la biomassa microbica del suolo. Pertanto, sarà necessario condurre ulteriori prove su altre colture e ad altre condizioni per validare l'idoneità di queste acque.

Influenza della gestione idrica sui meccanismi di ritenzione e rilascio del fosforo nei suoli di risaia

Martin M.¹, Seyfferth A.², Said-Pullicino D.¹, Schiavon M.¹, Romani M.³, Celi L.¹

¹*Università degli studi di Torino, Dipartimento di scienze agrarie, forestali e alimentari, Grugliasco (IT)*

²*University of Delaware, Department of plant and soils sciences, Newark (DE)*

³*Ente Nazionale Risi, Centro ricerche sul riso, Ceretto (IT)*

***Autore di riferimento:** Martinengo Sara, e-mail sara.martinengo@unito.it

La sommersione dei suoli di risaia determina l'instaurazione di condizioni prettamente riducenti. Tuttavia, l'ossigeno rilasciato dalle radici per sopravvivere alla saturazione, facilita l'instaurarsi di condizioni ossidanti in prossimità della radice. Il ferro ridotto (FeII) viene quindi nuovamente ossidato sulla superficie radicale, determinando la formazione delle placche ferrose, superfici che hanno un ruolo ampiamente dibattuto sulla disponibilità del fosforo (P). Negli ultimi anni queste dinamiche sono ulteriormente complicate dall'applicazione delle tecniche di risparmio idrico, che possono avere un profondo impatto sia sulla formazione delle placche ferrose, che sulla ritenzione delle diverse forme di P che caratterizzano il sistema suolo. Al fine di comprendere i processi che regolano la formazione delle placche ferrose e la ritenzione del P, nella stagione 2022 si è coltivato riso in macrocosmi gestiti con: sommersione continua (WFL) o sommersione alternata (AWD). Per ogni gestione idrica è stato confrontato un testimone privo di fertilizzazione fosfatica e una tesi fertilizzata con 46 kg P ha⁻¹. Nel corso dello sviluppo della coltura, è stato misurato il rilascio di Fe(II) e P nella soluzione. Inoltre, piante di riso sono state campionate nelle principali fasi fenologiche per valutare la composizione mineralogica delle placche ferrose e le forme di P in esse presenti. Al fine di comprendere appieno la complessità dell'ambiente rizosferico le tradizionali estrazioni chimiche sono state affiancate a tecniche di spettroscopia a raggi X. L'irrigazione alternata ha determinato un minore rilascio di FeII, senza tuttavia influire sul rilascio di P in soluzione. Rispetto alla sommersione continua, quindi il rapporto P:Fe della soluzione è risultato maggiore, con conseguente inibizione del processo di cristallizzazione delle placche ferrose. La diversa componente mineralogica ha influito sulla disponibilità del P presente su queste superfici, come si è dedotto dalla correlazione positiva tra il Fe amorfo e l'uptake di P da parte della pianta. Entrambe le gestioni idriche hanno evidenziato la presenza sia di forme di organiche che inorganiche di P sulle placche ferrose, le cui proporzioni sono risultate variabili in accordo con la diversa affinità tra le forme di P e la componente mineralogica delle placche. Si può quindi concludere che, a fronte di una minore solubilità del P nel bulk soil determinata dalle condizioni riducenti, la disponibilità di P a livello radicale viene influenzata dalle condizioni ossidanti tipiche della rizosfera, a causa della formazione di diverse fasi minerali che si caratterizzano per diversa affinità nella ritenzione delle forme di P organico ed inorganico.

**Ammendante compostato (compost) misto e con fanghi di depurazione,
e gessi di defecazione da fanghi: caratteristiche chimiche e proprietà ammendanti**

Martina Mazzon, Paola Gioacchini, Daniela Montecchio, Claudio Ciavatta, Claudio Marzadori

***Autore di riferimento:** Martina Mazzon, e-mail martina.mazzon2@unibo.it

La diminuzione della fertilità dei suoli, specie nei sistemi agricoli intensivi, può essere ripristinata aumentandone il contenuto in sostanza organica attraverso l'uso di fertilizzanti a base organica (FBO). Lo scopo dello studio è valutare l'effetto di tre FBO sui principali parametri biochimici del suolo di un vigneto, cv. Sangiovese (*Vitis vinifera* L.) messo a dimora nel 2019 su un suolo francoargilloso (Cambisol) situato a Cadriano (BO) nel centro sperimentale dell'Università di Bologna. Dalla piantagione, sono stati confrontati cinque trattamenti: controllo (CK), fertilizzazione minerale (MIN), ammendante compostato misto (ACM), ammendante compostato con fanghi (ACF) e gessi di defecazione da fanghi (GDF). Le matrici organiche sono state distribuite in due dosi (120 e 240 kgN ha⁻¹) e caratterizzate annualmente prima della distribuzione; anche il suolo è stato campionato annualmente (ottobre-novembre) alla profondità di 0-0,20 m. Le proprietà chimiche delle matrici utilizzate hanno mantenuto, nel tempo, una certa costanza e le differenze tra le matrici sono per lo più riconducibili alla loro diversa origine e costituzione; non sono emerse criticità relativamente a contaminanti e inquinanti (D.Lgs. 75/2010). Sui campioni di suolo sono stati determinati i metalli pesanti e alcune classi di contaminanti organici senza individuare valori superiori ai limiti posti dalle norme. Il GDF mostra una predisposizione alla trasformazione microbica favorendo un maggiore accumulo nel suolo delle forme di carbonio (C) e azoto (N) solubile e della biomassa microbica. L'ACM tende a favorire la biomassa microbica, l'accumulo di C organico totale (specialmente alla dose maggiore) e a mantenere una bassa concentrazione N solubile, preferenzialmente immagazzinato nella biomassa microbica. I valori di N totale rispecchiano quelli del C organico totale di GDF e ACM, mentre ACF determina una risposta intermedia. In assenza di apporti di C (CK e MIN) e con il GDF, le popolazioni microbiche sono state indotte ad aumentare la propria capacità specifica di rilasciare enzimi coinvolti nel ciclo di C e fosforo (β -glucosidasi e fosfatasi), evidenziando la capacità di queste popolazioni eterotrofe ad adattarsi velocemente alle diverse esigenze nutrizionali che si presentano in suoli diversamente trattati. L'apporto di ACM, ACF e GDF (dose minore) favorisce una riduzione delle attività specifiche e un aumento dell'attività deidrogenasica; con ACM si osserva anche un aumento dell'indice metabolico, ovvero una migliore efficienza metabolica nell'uso del C. Sarà necessario monitorare nel tempo gli effetti che queste matrici potranno determinare anche sul sequestro del C, sulla produttività e sulla componente microbica.

Irrigation with citrus wastewater modulates soil nitrification in copper-contaminated soils

D. Pampinella*, C. Lucia, L. Badalucco, E. Palazzolo, V.A. Laudicina

Department of Agricultural, Food and Forest Sciences, University of Palermo, Palermo, Italy

***Autore di riferimento:** Daniela Pampinella, e-mail daniela.pampinella@unipa.it

It is well-known that copper interferes with soil nitrification by either stimulating nitrifying bacteria activity, and thus enhancing the nitrification rate, or inhibiting their activity compromising the soil's nitrogen cycle (Matse et al., 2023). Citrus wastewater (CWW) is a byproduct of the citrus industry containing, among other, soluble organic compounds (carbohydrates and organic acids, mainly), nitrogen, and phosphorus (Lucia et al., 2022). Its use for crop irrigation is desirable due to the scarcity of freshwater and to reduce the impact of agriculture on water sources. On the other hand, when CWW is used for irrigation of Cu-contaminated soil, its impact may result controversial. Indeed, on the one hand, CWW may alleviate the toxicity of Cu due to complexation by organic acids (Adeleke et al., 2017) whereas, on the other hand, it may enhance the negative effect of Cu due to an indirect increase of its availability due to soil acidification by the CWW low pH (Neina, 2019).

Therefore, the aim of this study was to evaluate the effect of the interaction between CWW and copper on soil nitrification. To this end, a pot study was established in a greenhouse. Lettuce plants were planted in soil contaminated with 200 and 400 mg Cu²⁺ kg⁻¹ of soil as CuSO₄. Plants were irrigated with tap water (control), orange wastewater (OWW), and lemon wastewater (LWW), diluted or not, and grown for 50 days.

At the end of the experiment, soil samples were analysed to determine exchangeable ammonium, nitrates, extractable organic C in 0.5M K₂SO₄, total and available Cu, and available P. Moreover, plant roots and leaves were analysed to determine total Cu, N and P. Results relative to soil and plants will be reported and discussed in the poster.

Bibliografia

1. Adeleke, R., Nwangburuka, C., Oboirien, B. (2017). Origins, roles and fate of organic acids in soils: A review. *South African Journal of Botany*, 108, 393-406.
2. Lucia, C., Laudicina, V. A., Badalucco, L., Galati, A., Palazzolo, E., Torregrossa, M., Viviani, G., Corsino, S. F. (2022). Challenges and opportunities for citrus wastewater management and valorisation: A review. *Journal of Environmental Management*, 321, 115924.
3. Matse, D. T., Jeyakumar, P., Bishop, P., & Anderson, C. W. N. (2023). Copper induces nitrification by ammonia-oxidizing bacteria and archaea in pastoral soils. *Journal of Environmental Quality*, 52, 49– 63.
4. Neina, D. (2019). The Role of Soil pH in Plant Nutrition and Soil Remediation. *Applied and Environmental Soil Science*, 2019, 9.

CARATTERIZZAZIONE DELLE INTERAZIONI TRA LA SOSTANZA ORGANICA DEL SUOLO E L'OSSIBENZONE MEDIANTE SPETTROSCOPIA RAMAN AMPLIFICATA DA SUPERFICI (SERS)

Salvatore Rapisarda, Ornella Francioso, Santiago Sanchez-Cortès, Claudio Ciavatta, Luciano Cavani

***Autore di riferimento:** Salvatore Rapisarda, e-mail salvatore.rapisarda3@unibo.it

L'ossibenzone ((2-Hydroxy-4-methoxyphenyl)-phenylmethanone) è un composto organico aromatico appartenente alla famiglia dei benzofenoni. E' un ottimo filtro UV, in quanto capace di assorbire la radiazione ricadente in questa parte dello spettro elettromagnetico. Per tale motivo, è impiegato nei prodotti cosmetici (ad es., creme solari, lozioni per la pelle) e in oggetti di uso comune come i manufatti plastici, i prodotti in gomma e le vernici. Tuttavia, è stato recentemente classificato dall'ECHA (European Chemicals Agency) come potenziale interferente del sistema endocrino e sostanza tossica per l'ambiente marino. Le caratteristiche chimico-fisiche dell'ossibenzone, in particolare la lipofilia, ne favoriscono la ritenzione sui fanghi di depurazione nel contesto del trattamento delle acque reflue urbane. I fanghi di depurazione, se idonei, possono essere impiegati direttamente in agricoltura, oppure entrare nella formulazione di alcuni fertilizzanti organici (ad es., ammendante compostato con fanghi, gesso di defecazione da fanghi) e, di conseguenza, possono rappresentare un veicolo attraverso il quale l'ossibenzone può entrare nel suolo. Lo scopo di questo lavoro è stato quello di studiare l'interazione tra la sostanza organica del suolo e l'ossibenzone, fattore determinante per comprendere la mobilità di questo composto nel sistema suolo-pianta-acqua. La sostanza organica è stata estratta da quattro suoli (due agricoli e due forestali) con caratteristiche chimico-fisiche contrastanti e gli acidi umici purificati sono stati utilizzati per studiare le interazioni con l'ossibenzone in soluzioni a diverso grado di reazione per mezzo della spettroscopia Raman amplificata da superfici (SERS). I risultati hanno mostrato una maggiore tendenza dell'ossibenzone a interagire con gli acidi umici estratti dai suoli agricoli, i quali, essendo caratterizzati dalla presenza di gruppi alcolici e aldeidici (sia alifatici che aromatici), promuovono l'interazione mediante legami a idrogeno e interazioni π - π in qualsiasi condizione di pH. La predominante presenza di gruppi acidi negli acidi umici estratti dai suoli forestali, invece, ha ostacolato l'interazione con l'ossibenzone a pH alcalino per effetto di repulsioni ioniche. Tale studio ha quindi permesso di definire i meccanismi legati alla mobilità dell'ossibenzone nel suolo e, di conseguenza, fornire un'interpretazione sul suo potenziale destino nell'ambiente. In particolare, la sostanza organica dei suoli oggetto di questo studio riduce la mobilità dell'ossibenzone. In questo contesto, la SERS si è rivelata un ottimo strumento nell'analisi delle interazioni tra un contaminante organico e la sostanza organica del suolo.

**Soil carbon (elemental and isotopic) fingerprints of chestnut-managed land:
the case study of Lazio region (Central Italy)**

Salani G.M.¹, Allevato E.², Carbone F.³, Stazi S.R.¹

¹*Dipartimento di Scienze Chimiche, Farmaceutiche ed Agrarie, Università di Ferrara.*

²*Dipartimento di Scienze dell'Ambiente e della Prevenzione, Università di Ferrara.*

³*Dipartimento per la Innovazione nei sistemi Biologici, Agroalimentari e Forestali, Università della
Toscana.*

***Autore di riferimento:** Salani Gian Marco, e-mail slngmr@unife.it

The average of organic carbon (OC) sequestered by topsoils (0-30 cm deep) located in the Mediterranean region of the European continent is less than 2%. Furthermore, the drought-related effects in this region, which negatively influence soil OC stocks, risk to be underestimated. In particular, unsustainable agricultural practices (e.g., intensive agriculture) applied to rich organic soils promote the oxidation of large quantities of soil organic matter with various climate impacts, such as emissions of carbon dioxide (CO₂) and other Greenhouse gases. However, in this region, organic soils are usually associated with forest environments that protect the litter, concentrating high values of OC within it. In particular, the importance of managed forests in Italy, such as chestnut, has been known since the Hellenic-Roman period, especially for the benefits they provide to the population. In fact, an example of this agroforest management is those of Lazio region (in Central Italy) that is still covered by 36,000 hectares of chestnut forests currently used for timber and food production. Therefore, for this study we collected samples from two chestnut environments protected by the Natura 2000 network: i) Anticolana Valley and ii) Cimini Hills. These forests grow up on a volcanic substrate that provides soil fertility and enhances carbon sequestration. Using an elemental analyzer coupled with an isotopic ratio mass spectrometer (EA-IRMS), we conducted a characterization of elemental concentrations (measured in weight percent) of three pools of soil carbon (total (TC), organic (OC), and inorganic carbon (IC)) and nitrogen (N), along with their related isotopic compositions measured in δ notation ($\delta^{13}C_{TC}$; $\delta^{13}C_{OC}$; $\delta^{13}C_{IC}$; $\delta^{15}N$). To better quantify the carbon fingerprint stored in the uppermost part of the topsoil in this environment, we also estimated the soil OC stock (in Tons OC ha⁻¹) and the corresponding CO₂ equivalent (in Tons CO₂ ha⁻¹) that could be emitted by such soils.

**Contributo di ammendanti da sottoprodotti oleari in differenti suoli
per la coltivazione di *Lactuca sativa* L. da quarta gamma**

Silvia Socciarelli¹, Ulderico Neri¹, Claudio Beni², Rita Aromolo¹, Claudia Fontana¹

¹CREA Centro di ricerca Agricoltura e ambiente, Roma, Italia

²CREA Centro di ricerca Ingegneria e Trasformazioni Agroalimentari, Monterotondo (RM), Italia

***Autore di riferimento:** Silvia Socciarelli, e-mail silvia.socciarelli@crea.gov.it

In un'azienda agricola della Valle del Tevere in un'area a vocazionalità olivicola, è stata condotta un'esperienza in microcosmo (1,5 kg di terreno) in tunnel coperto con lati aperti, con due suoli, collinare e di pianura, diversificati per: pH, rispettivamente 6,5 e 7,5; presenza di calcare attivo 0 e 10%; TOC 0,7 e 1,4 % e N 0,08 e 0,15 %. I due suoli sono stati utilizzati per valutare gli effetti di nuovi ammendanti organici provenienti dagli scarti dell'estrazione dell'olio d'oliva, Paté (Pa) e Pellet (Pe), nella coltivazione della lattuga da taglio, integrati e non con concime minerale NP per la riduzione di C:N, le cui principali differenze sono: umidità % Pa 82 e Pe 65; ceneri mg/g Pa 159 e Pe 288; N % Pa 1,17 e Pe 1,73; TOC % Pa 53,7 e Pe 72,6. Lo schema sperimentale era a blocchi randomizzati, con una tesi C di controllo non trattato e cinque tesi ripetute in triplo le cui dosi hanno apportato 100 unità ad ettaro di N: M=concimazione minerale con 1,8 g/vaso di 15:5:5 NPK, Pa=fertilizzazione con 80,8 g di Paté, Pe=fertilizzazione con 33,9 g di Pellet, Pa-NP=fertilizzazione integrata con 40,4 g di Paté più 0,6 g di fosfato biammonico 18:46, Pe-NP=fertilizzazione integrata con 16 g di Pellet più 0,6 g di fosfato biammonico 18:46. Tra maggio e luglio sono stati realizzate tre raccolte misurando altezza pianta, numero foglie, SPAD, peso fresco/secco, LAI e azoto. I risultati della ricerca sperimentale mostrano che le tesi trattate con le biomasse integrate con NP, per entrambi i suoli, hanno ottenuto risultati produttivi positivi, comparabili con quelli delle tesi M, rispetto alle tesi fertilizzate con Pa o Pe. Le differenze nella produttività (peso fresco/secco) sono state particolarmente rilevanti nel primo taglio, mentre si sono attenuate nel secondo e terzo. Il LAI segue lo stesso andamento della produttività per entrambi i suoli nelle tre raccolte. Lo SPAD non mostra differenze significative tra i trattamenti, con andamento leggermente crescente dal primo al terzo taglio; per l'azoto si è evidenziato un picco di assimilazione per Pe nel suolo di pianura nella prima raccolta e una maggiore concentrazione nel Pe e Pa nella seconda e terza. In ottica di economia circolare, la ricerca ha evidenziato che questi ammendanti organici si prestano particolarmente alla fertilizzazione integrata con concimi minerali per colture orticole a ciclo breve nei due differenti tipi di suolo. Parole chiave: lattuga da taglio, fertilizzazione, Paté, valorizzazione scarti oleari.

Effetti di inerbimento sulla sostanza organica e sulla componente microbica del suolo in vigneto

Francesca Tagliabue, Enrica Marini, Arianna De Bernardi, Gianluca Brunetti, Uberson Boaretto
Rossa, Cristiano Casucci, Costantino Vischetti

***Autore di riferimento:** Enrica Marini, e-mail enrica.marini@staff.univpm.it

Un suolo sano, in grado di adempiere alle sue molteplici funzioni ecologiche è alla base dell'attuale strategia tematica dell'Unione Europea. Il ruolo del settore agricolo e della gestione della viticoltura moderna in Italia è cruciale e riconosciuto. L'inerbimento è stato riscoperto recentemente come pratica conservativa che aiuta a garantire l'equilibrio dell'agroecosistema attraverso il mantenimento della fertilità del suolo ed esercitando un ruolo importante nell'attenuazione di contaminazione ed erosione. L'indagine verte sulla valutazione delle proprietà chimiche, fisico-chimiche e biochimiche del suolo di un vigneto con interfilari inerbiti naturalmente o seminati a trifoglio (*Trifolium alexandrinum*). Lo scopo è quello di identificare quale delle due proposte di gestione sia più efficace ed efficiente nella conservazione ed eventuale miglioramento della fertilità del suolo oggetto di studio. Sono stati prelevati campioni di suolo a due profondità (0-20 e 20-40 cm) per ognuna delle due tesi più un controllo negativo individuato nella capezzagna della parcella considerata. Su tutti i campioni sono state effettuate analisi di caratterizzazione del suolo, della sostanza organica e misure della sua attività microbica. Il contenuto di sostanza organica è risultato essere pari a 1.6, 1.3 e 1%, rispettivamente nelle tesi ad inerbimento naturale, trifoglio e controllo. Non sono state riscontrate differenze in termini di carbonio estraibile totale (TEC) tra i trattamenti, con una frazione umica maggiore nei campioni superficiali con inerbimento a trifoglio. Per quanto riguarda il contenuto in C-biomassa non si sono osservate differenze significative (ad esclusione di quelle legate alla profondità di prelievo) fra le tesi con valore più elevato nell'inerbimento a trifoglio. Nei suoli inerbiti a trifoglio si osservano i valori più elevati dell'attività idrolitica globale (FDA), dell'attività betaglucosamminidasica (NAG) e betaglucosidasica. L'attività ortodifenolossidasica risulta maggiore nei campioni controllo, probabilmente in relazione al maggior contenuto di acidi fulvici precursori del processo di umificazione. L'attività fosfatasica è in linea con la dotazione di fosforo assimilabile misurata nei campioni con valori più alti laddove questo è risultato minore. I risultati ottenuti dalle analisi condotte portano ad individuare nell'inerbimento a trifoglio la strategia conservativa migliore per garantire e preservare la fertilità del suolo per una viticoltura sostenibile.

Il rapporto isotopico dell'azoto come descrittore della degradazione della sostanza organica in suoli montani

William Trenti, Mauro De Feudis, Gloria Falsone, Livia Vittori Antisari

***Autore di riferimento:** William Trenti, e-mail william.trenti2@unibo.it

Molti dei servizi ecosistemici forniti dal suolo sono influenzati dai processi legati alla sostanza organica. È quindi necessario individuare il ruolo dei fattori abiotici e biotici nelle trasformazioni cui essa va incontro al fine di conoscere lo stato di vulnerabilità del suolo. Lo scopo di questo studio era valutare i cambiamenti nella qualità della sostanza organica del suolo in foresta di faggio, conifere e mista, mirtilleto, cariceto e in torbiera a diverso grado di sommersione, ubicati nell'Appennino settentrionale a 1500-1600 m di quota. Per ogni tipo di vegetazione sono stati aperti almeno due profili di suolo i cui orizzonti sono stati descritti, campionati e analizzati per i principali indicatori della degradazione della sostanza organica. Il rapporto tra carbonio organico e azoto totale non ha mostrato differenze, mentre il rapporto tra carbonio e azoto estraibili era complessivamente più basso in torbiera e cariceto, con poche variazioni lungo il profilo; nelle altre vegetazioni l'andamento è inizialmente crescente per poi rimanere costante lungo gli orizzonti minerali. Il quoziente microbico presentava notevole variabilità, con valori in media più bassi in mirtilleto, faggeto e cariceto; lungo il profilo non presentava sostanziali variazioni. Il rapporto isotopico del C ($\delta^{13}\text{C}$) mostrava andamento crescente lungo la profondità senza notevoli differenze tra le vegetazioni. Il parametro che ha mostrato la maggior differenziazione tra le vegetazioni è stato il rapporto isotopico dell'azoto ($\delta^{15}\text{N}$), indice del grado di degradazione dell'N da parte dei microrganismi. Esso cresce con la profondità con andamento diverso: in mirtilleto, foresta e torbiera semisommersa il $\delta^{15}\text{N}$ aumenta rapidamente nei primi centimetri di suolo per poi mantenersi costante; nella torbiera più rilevata cresce meno ma continuamente, mentre nel cariceto è quasi costante. L'escursione maggiore si ha nel mirtilleto (da -6‰ nella lettiera a +6‰ negli orizzonti minerali), seguono foresta (da -5‰ a +5‰), torbiera rilevata (da -4‰ a +2‰), torbiera semisommersa (da -4‰ a +1‰) e cariceto (da poco meno di 0‰ a 1,5‰). In tutte le vegetazioni, il $\delta^{15}\text{N}$ diventa positivo a circa 5 cm di profondità, corrispondente spesso all'orizzonte A. Il $\delta^{15}\text{N}$ potrebbe indicare una degradazione della SOM con diverso metabolismo e intensità da parte delle comunità microbiche. Il valore raggiunto negli orizzonti minerali, diverso a seconda delle condizioni idriche, potrebbe essere utile nella distinzione del metabolismo microbico prevalente. Il superamento dello 0‰ a una profondità comune e la successiva stabilizzazione potrebbe indicare una forte influenza sulla degradazione di altri fattori ambientali, forse di tipo climatico.

**IL CONTRIBUTO DEL SUOLO PER LA
SALVAGUARDIA DEGLI ECOSISTEMI E LA
SICUREZZA ALIMENTARE**

Relatore: Gloria Falsone

RELAZIONE AD INVITO:

Il contributo del suolo per la salvaguardia degli ecosistemi e la sicurezza alimentare

Gloria Falsone

*Dipartimento di Scienze e Tecnologie Agro-alimentari, Alma Mater Studiorum Università di Bologna
gloria.falsone@unibo.it*

La salvaguardia degli ecosistemi e la sicurezza alimentare sono fortemente interconnessi con le proprietà del suolo nella sua interezza, ovvero sia degli orizzonti superficiali (topsoil) che di quelli più profondi (subsoil). In letteratura, così come anche nelle banche dati, attenzione molta alta è posta al ruolo del topsoil, mentre scarsa è quella posta al subsoil. Recenti analisi della letteratura rivelano che nelle ultime tre decadi un ampio numero di pubblicazioni non menzionano la profondità del suolo investigato, e quelle che lo fanno e sono connesse a tematiche riconducibili alla biologia, chimica, fisica del suolo, fertilità del suolo e nutrizione delle piante, pedologia, studiano in media solo i primi 20-30 cm. Questo accade sebbene sia noto che gli orizzonti profondi del suolo contribuiscono a fondamentali funzioni per la salvaguardia degli ecosistemi e la sicurezza alimentare, quali la capacità di stoccare carbonio e di essere habitat per gli organismi, la capacità di stoccare, filtrare e trasportare nutrienti ed acqua. È noto ad esempio che dal 40% all'80% dei nutrienti disponibili per le piante sono stoccati nel subsoil, e che metà del contenuto di carbonio organico in un pedon può essere stoccato al di sotto dei 30 cm di profondità. Tali funzioni in profondità sono regolate dall'attività radicale, ma anche dall'attività microbica e da processi di tipo fisico quali la compattazione o la presenza di flussi preferenziali. Indagando gli orizzonti più superficiali del suolo non è però possibile rilevare la presenza di proprietà del subsoil che limitano o migliorano queste funzioni e, ovviamente, ciò preclude la delimitazione delle aree in cui questo si verifica.

Nelle aree in cui le proprietà degli orizzonti profondi sono state investigate e mappate sono stati sviluppati protocolli, tecnologie e pratiche utili per indirizzare la loro gestione. Questa relazione si focalizza quindi sui alcuni progressi dell'attuale ricerca sulla conoscenza delle proprietà degli orizzonti profondi, sulla loro gestione e conseguenze per la salvaguardia degli ecosistemi e la sicurezza alimentare, consapevolmente che questo rappresenta una promettente opportunità non ancora pienamente sfruttata per migliorare la funzionalità del suolo.

CONTRIBUTI ORALI

EFFETTI CHIMICI E BIOLOGICI DEL DIGESTATO OTTENUTO DA SOLA SANSÀ DI OLIVE BIFASE

Nicola Colatorti, Claudia Carnimeo, Nunzio Digregorio e Elisabetta Loffredo

Dipartimento di Scienze del Suolo, della Pianta e degli Alimenti, Università degli Studi di Bari Aldo Moro

***Autore di riferimento:** Nicola Colatorti

La crisi energetica globale e i rischi del cambiamento climatico impongono la ricerca di fonti energetiche alternative. Dai processi tecnologici innovativi per la produzione di energia rinnovabile, quale la digestione anaerobica, sono rilasciati nuovi sottoprodotti che, per il loro elevato contenuto di carbonio organico, sono in grado di migliorare la qualità e fertilità complessiva del suolo. Nell'ambito del progetto del Centro Nazionale Agritech, finanziato dall'Unione Europea – NextGenerationEU (PNRR), è stato condotto uno studio su un nuovo digestato (DIG) ottenuto unicamente dalla sansa di olive bifase. Le attività sperimentali condotte hanno valutato la capacità adsorbente del materiale nei confronti di due agrofarmaci frequentemente adoperati nell'agricoltura convenzionale, il fungicida boscalid e l'erbicida oxyfluorfen. In particolare, sono state effettuate prove a diversi rapporti soluzione di agrofarmaci/DIG e a diverse temperature con lo scopo di definire il migliore impiego di questo materiale. Tali prove hanno mostrato come, aumentando il rapporto soluzione/DIG, la quantità relativa degli agrofarmaci adsorbiti aumentava e che la capacità adsorbente è pressoché costante al variare della temperatura da 5 a 40 °C. Considerando che il DIG è solitamente impiegato come ammendante del suolo, è stata valutata l'influenza dell'aggiunta del 5% (p/p) di DIG sul potere adsorbente complessivo del suolo, attraverso lo studio delle isoterme di adsorbimento/desorbimento e la modellizzazione dei dati con le equazioni teoriche di Henry, Freundlich, Langmuir e Temkin. I risultati hanno mostrato come il DIG incrementa significativamente la capacità di ritenzione delle molecole da parte del suolo ammendato. In prove in vitro, si è anche indagato sugli effetti biologici del digestato, in particolare sulla crescita dei funghi fitopatogeni *Fusarium culmorum* e *Verticillium dahliae*. Gli isolati fungini sono stati allevati su substrato PDA addizionato di DIG alle dosi di 0,1 e 0,5 % (p/p). Il DIG ha mostrato un evidente effetto soppressivo sul *F. culmorum*, mentre è risultato ininfluenza sul *V. dahliae*. Lo studio, tuttora in corso, appare incoraggiare l'impiego del DIG come ammendante del suolo sia per la sua capacità di regolare la biodisponibilità delle due molecole sia per l'attività soppressiva, o ininfluenza, verso importanti funghi fitopatogeni residenti nel suolo.

Perché rivedere i metodi di analisi chimica del suolo?

Claudio Colombo¹, Stefano Mocali², Filiberto Altobelli³, Giuseppe Corti²

¹*Dipartimento Agricoltura, Ambiente, Alimenti, Università degli Studi del Molise, Campobasso, Italy*

²*Consiglio per la ricerca in agricoltura e l'analisi dell'economia agraria – Centro di ricerca Agricoltura e Ambiente (CREA-AA), Italy*

³*Consiglio per la ricerca in agricoltura e l'analisi dell'economia agraria - CREAPB -Research Centre for Agricultural Policies and Bioeconomy, ROMA (IT)*

***Autore di riferimento:** Claudio Colombo, e-mail colombo@unimol.it

La revisione dei metodi di analisi chimica del suolo è un impegno abbastanza arduo perché, dopo alcuni anni, diversi metodi hanno bisogno di una rivisitazione, considerando il ritmo con cui va avanti la ricerca e la sperimentazione nel settore della Scienza del Suolo. A questo si aggiunge la necessità di ridurre da una parte i costi delle analisi e dall'altra avere dati affidabili. Le analisi del suolo prevedono una prima fase di campionamento, poi omogenizzazione e preparazione del campione a cui seguono estrazioni con acidi, alcali, ed analisi con strumentazioni spesso molto sofisticate (ICP-MS, HPLC-MS, GC-MS ecc.). I metodi necessitano di curve di calibrazione e procedure di validazione per verificare la "robustezza" e l'"applicabilità" del metodo. Una ricerca su "Scopus" con la parola chiave "Methods of Soil Analysis" ha fornito ben 155249 pubblicazioni indicizzate (ICI) dal 1966 ad oggi. Circa un quarto dei lavori hanno la Subject area "Environmental Science" (50117), i rimanenti sono "Earth and Planetary Sciences" (48308), "Engineering" (44530) e solo al 4 posto con 41,874 troviamo "Agricultural and Biological Sciences". Più della metà delle pubblicazioni hanno l'affiliazione della "Chinese Academy of Science", al 10° posto la USDA e solo al 13° l'Università di Wageningen. Questo giusto per avere un quadro di riferimento internazionale, in considerazione che i metodi sono applicati in molti settori, fino ad arrivare a quello strettamente pedologico. Molti di noi sanno molto bene l'importanza della comparabilità dei dati analitici del suolo. Per raggiungere una comprensione comune in Europa dei processi di degrado e del monitoraggio suolo, è importante assicurare la comparabilità dei dati e quindi armonizzare le procedure di campionamento e i metodi di analisi chimiche. L'esperienza insegna che in Europa il principale ostacolo nella valutazione della condizione del suolo sulla base di dati esistenti è rappresentato dalla mancanza di metodologie armonizzate per il monitoraggio e il trasferimento di dati e la conseguente impossibilità di comparazione dei dati ottenuti con metodi diversi. L'elaborazione di norme standardizzate a livello internazionale è a cura di enti internazionali di normalizzazione quali il CEN e ISO. Tali organizzazioni impongono che questi metodi adottino procedure precise e che i laboratori assicurino la partecipazione allo svolgimento di Ring Test e l'uso di materiali certificati. Per questo oggi necessario che questa attività venga svolta periodicamente e che sia di competenza della Scienza del Suolo.

**Effetto del biochar e della sua co-applicazione con altri ammendanti sui pool di carbonio:
evidenze da un esperimento di lungo periodo**

Beatrice Giannetta¹, César Plaza², Giorgio Galluzzi¹, Iria Benavente-Ferraces²,
Juan Carlos García-Gil², Marco Panettieri², Gabriel Gascó³, Claudio Zaccone¹

¹*Dipartimento di Biotecnologie, Università di Verona, Verona, Italia*

²*Instituto de Ciencias Agraria, Consejo Superior de Investigaciones Científicas, Madrid, Spagna*

³*Departamento de Producción Agraria, Universidad Politécnica de Madrid, Madrid, Spagna*

***Autore di riferimento:** Beatrice Giannetta, e-mail beatrice.giannetta@univr.it

L'applicazione di biochar, da solo o in combinazione con altri ammendanti, rappresenta una pratica di gestione che mira non solo ad immagazzinare carbonio (C) nel suolo, ma anche a migliorarne la fertilità. Tuttavia, gli effetti a lungo termine dell'applicazione del biochar sui meccanismi di protezione del C organico (OC) sono incerti. In questo studio, beneficiando di un esperimento di campo di lungo periodo (9 anni), è stata studiata la protezione del OC ad opera di minerali di ferro (Fe) in un suolo ammendato con biochar, sia da solo che in combinazione con compost da FORSU (MC) e fanghi di depurazione (SS). I campioni sono stati frazionati, ottenendo sostanza organica (OM) particolata (POM) e associata ai minerali (MAOM), ed i due pool caratterizzati mediante CHNS (per azoto totale e OC), Fe K-edge X-ray absorption near edge structure (XANES) e Fe extended X-ray absorption fine structure (EXAFS). La combinazione del biochar sia con il compost che con i fanghi di depurazione ha portato ad un aumento significativo del OC non solo nella frazione particolata (POC), ma anche nella frazione associata ai minerali (MAOC). Sia i suoli ammendati che non ammendati presentano un contenuto simile di complessi Fe(III)-OM. In dettaglio, la frazione POM risulta essere principalmente caratterizzata dalla presenza di ematite, indipendentemente dal tipo di ammendamento, mentre la ferridrite risulta la forma prevalente nella frazione MAOM di tutti i suoli ammendati. In conclusione, i risultati ottenuti da questo esperimento di lungo termine evidenziano il potenziale del biochar, sia applicato solo che in combinazione con altri ammendanti, come una valida strategia per stoccare e preservare il C nei suoli.

Analisi della porosità di suoli vulcanici del Molise mediante rilassometria NMR ed analisi di immagine 2 D al SEM

Alessio Manzo¹, Paolo Maria Giuseppe Lomeo², Calogero Librici², Elettra Longobardi¹, Pellegrino Conte², Erika di Iorio¹, Pasquale Napoletano¹, Claudio Massimo Colombo¹

¹*Università degli Studi del Molise, Dipartimento di Agricoltura, Ambiente e Alimenti, Campobasso (CB).*

²*Università degli Studi di Palermo, Dipartimento di Scienze Agrarie, Alimentari e Forestali, Palermo (PA)*

***Autore di riferimento:** Alessio Manzo, e-mail a.manzo4@studenti.unimol.it

La porosità e la permeabilità dei suoli sono proprietà fondamentali che regolano i flussi di acqua e la capacità di ritenzione idrica. I suoli vulcanici si distinguono per la loro fragilità e la vulnerabilità ai fenomeni erosivi e sono considerati peculiari per le loro proprietà idrologiche. In questa ricerca sono stati analizzati 11 suoli con proprietà vulcaniche provenienti da un'area a pascolo dell'Alto Molise con la tecnica Fast Field Cycling (FFC) Nuclear Magnetic Resonance (NMR) relaxometry per misurare la connettività idrologica nei suoli (Hydrological Connectivity inside the Soils, HCS). Inoltre, è stata stimata la porosità attraverso la tecnica dell'analisi di immagine (Digital Image Analysis, DIA) mediante la processazione di sezioni sottili di suolo acquisite mediante la microscopia a scansione (SEM). Lo scopo del lavoro è quello di valutare come la distribuzione dei pori all'interno dei suoli di origine vulcanica influenza i processi chimico-fisici associati al movimento delle molecole di acqua. In questo studio è stata analizzata e applicata la ricostruzione 2D usando sia le immagini da elettroni secondari che quelle ottenute con gli elettroni retro-diffusi, per la visualizzazione ed una stima spaziale dei pori. Gli aggregati di suolo sono stati immersi in resina epossidica e successivamente levigati fino ad avere una superficie piana di circa 3-4 mm che è stata montata su uno stub di alluminio per le osservazioni al SEM. Le analisi di immagine 2 D hanno permesso una stima (Conventional porosity estimation) basata sulla distribuzione dei pori ottenuta con il programma "Image J". Sia i micro che i macro-pori sono stati osservati e quantificati in sezioni di aggregati di suolo di circa 1 cm². I risultati ottenuti al SEM in via preliminare hanno evidenziato una distribuzione dei micropori con dimensioni variabili tra 1 µm a 50 µm. I dati ottenuti con l'analisi bidimensionale DIA verranno messi a confronto con quelli ottenuti con NMR relaxometry per stimare ed approfondire il movimento dell'acqua nei pori con dimensioni 1-5 µm in termini di minore o maggiore affinità con i minerali vulcanici.

**Investigating the impact of leonardite-aged biochar on soil fertility
and growth of Lettuce (*Lactuca sativa* L.)**

Hafeez Ur Rahim^{1*}, Enrica Allevato², Emanuele Radicetti¹, Silvia Rita Stazi¹

¹*Department of Chemical, Pharmaceutical and Agricultural Sciences (DOCPAS),
University of Ferrara, 44121 Ferrara, Italy*

²*Department of Environmental and Prevention Sciences, University of Ferrara (DiSAP), 44121
Ferrara, Italy*

***Autore di riferimento:** Hafeez Ur Rahim, e-mail hafeezur.rahim@unife.it

Keywords: Carbon-based materials, soil quality, nutrients availability, soil microbial activities, and lettuce growth.

Humic substances (HSs) and biochar (BC) are the frequently used carbon-based soil amendments. These soil amendments improve soil health and fertility, enhance nutrient pools and carbon content, remove soil pollutants, and improve plant performance. As a result, these amendments ensure agro-environmental sustainability and a circular bioeconomy. HSs-aged BC impacts on agroenvironmental systems need to be studied because there is a lack of research on the subject. In this proposed study, we aimed to simulate the aging process of biochar using leonardite through a water-soaking technique. The leonardite-aged biochar was then subjected to natural aging in pots containing 2000 g of sandyloam and clay-loam soils for one week, providing sufficient water daily. Following the one-week natural aging process, one lettuce seedling (*Lattuga canasta verde*) was planted per plot, and irrigation was carried out with minimum water to maintain field capacity conditions. The seedlings were allowed to grow to maturity and harvested. Throughout the study, various parameters related to lettuce growth and soil fertility were meticulously recorded and documented. The extensive literature evaluation revealed that the potential benefits of BC are closely related to variations in the physicochemical composition of the BC and soil because microorganisms do not prefer fresh BC for colonization. In some studies, BC has been to have a detrimental impact on the soil microbiome. Therefore, the influence of BC on soil microbiome, nutrient pool, pollutants removal, and plant growth strongly depends on the residence time of BC in soil or its prior aging with HSs. We expected that the aging BC with leonardite will be more effective than fresh BC and enhances soil physicochemical properties, nutrient pools, soil organic carbon levels, microbial activities, and consequently plant performance owing to surface functional groups and the adsorbed nutrient-rich organic molecules. The experimental work is in progress, and the preliminary data on soil fertility and lettuce performance will be presented at the said conference.

**Investigazione dell'effetto di Plant Growth Promoting Rhizobacterium e Micorriza Arbuscola
nella modulazione dello stress innescati da Zinco e Cadmio
nel pomodoro tramite impiego di tecniche Omiche**

Leilei Zhang, Monica Yorlady Alzate Zuluaga, Youry Pii, Angelica Barone, Stefano Amaducci, Begoña Miras-Moreno, Erika Martinelli, Gabriele Bellotti, Marco Trevisan, Edoardo Puglisi, Luigi Lucini

***Autore di riferimento: Leilei Zhang, e-mail leilei.zhang@unicatt.it**

I metalli pesanti sono inquinanti ambientali ben noti a causa della loro tossicità e della capacità di accumularsi nel corpo umano. L'inquinamento degli ecosistemi terrestri con metalli pesanti tossici è una delle principali preoccupazioni ambientali che ha conseguenze sulla salute pubblica. Negli ultimi decenni, l'impiego di microrganismi per far fronte a stress ambientali, tra cui lo stress da metalli pesanti, è aumentato notevolmente, in particolare l'applicazione di inoculi microbici, tra cui rizobatteri (PGPR) e funghi micorrizici. Tuttavia, i meccanismi rilevanti sono stati raramente esplorati, a causa della mancanza di tecniche di analisi ad alta risoluzione. In questo studio, abbiamo impiegato tre tecniche omiche in grado di dare una svolta agli studi condotti finora sull'effetto dei biostimolanti microbici nella difesa dallo stress da metalli pesanti. In particolare, è stata condotta un'indagine comparativa per valutare la capacità dei rizobatteri (*Pseudomonas ceppo So_08*) e dei funghi micorrizici arbuscolari (*Rhizoglyphus irregularis* BEG72 e *Funneliformis mosseae* BEG234) di mitigare gli effetti dannosi indotti dallo stress da Cd e Zn nelle piante di pomodoro. In questo senso, il meccanismo d'azione provocato dai biostimolanti microbici è stato valutato sia dal punto di vista morfologico (biomassa vegetale e morfologia delle radici) che fisiologico (contenuto idrico relativo delle foglie, stabilità delle membrane, prestazioni fotosintetiche, contenuto di clorofilla). Tuttavia, la metabolomica sui campioni delle radici e delle foglie è stata condotta per svelare i meccanismi molecolari coinvolti nelle risposte differenziali allo stress da metalli pesanti. Inoltre, il profilo ionomico è stato utilizzato per indagare se tali microorganismi influenzassero l'assorbimento e l'allocazione di macro e micronutrienti, nonché l'accumulo di Cd e Zn in diversi organi vegetali. Infine, è stata effettuata la metagenomica della rizosfera per studiare l'impatto dei trattamenti sulla diversità microbica. Secondo i risultati, i livelli di metalli pesanti non hanno influenzato i parametri di crescita delle piante, ma hanno alterato quelli fisiologici. Il Cd si è accumulato principalmente nelle radici, mentre lo Zn si è accumulato in diversi organi della pianta. Gli inoculi microbici hanno migliorato i parametri fisiologici e modulando l'equilibrio dell'assorbimento delle macro e micronutrienti. Inoltre, il metabolismo del pomodoro è stato modulato in modo differenziale dagli microorganismi in condizioni di stress, coinvolgendo principalmente i metaboliti secondari legati alla risposta allo stress ossidativo, alla stabilità dei lipidi di membrana e al crosstalk con i fitormoni. Infine, i diversi trattamenti hanno influenzato la diversità della popolazione microbica della rizosfera.

POSTER

Valutazione dell'accumulo di composti perfluoroalchilici (PFAS) in piante di pomodoro coltivate in un'area contaminata

Ilaria Battisti, Emma Franzolin, Anna Rita Trentin, Carlo Nicoletto, Paolo Sambo,
Antonio Masi, Giancarlo Renella.

*Dipartimento di Agronomia, Alimenti, Risorse Naturali, Animali e Ambiente, Università di Padova,
Italia*

***Autore di riferimento:** Ilaria Battisti, e-mail ilaria.battisti@studenti.unipd.it

Le sostanze poli- e perfluoroalchiliche (PFAS) sono un gruppo di oltre 4700 molecole alifatiche sintetiche, costituite da una catena di carbonio parzialmente o totalmente fluorurata e da un gruppo funzionale polare. Questa particolare struttura chimica conferisce loro caratteristiche uniche, quali idro- ed oleorepellenza, elevata stabilità chimica e termica. Tali proprietà sono ampiamente sfruttate in ambito industriale, ma al tempo stesso determinano una marcata resistenza alla degradazione. Per questo motivo, i PFAS sono considerati “forever chemicals”, in quanto estremamente persistenti nell’ambiente. Queste sostanze vengono trasportate attraverso l’acqua e sono in grado di accumularsi nel suolo e all’interno degli organismi viventi. Frutta e verdura coltivate in aree inquinate rappresentano una fonte significativa di PFAS per l’uomo. Considerati gli effetti tossici dei PFAS sulla salute umana, è di fondamentale importanza valutare il loro bioaccumulo nelle diverse specie vegetali e nei cibi derivati da materie prime contaminate. Sebbene siano disponibili molte informazioni circa l’assorbimento di PFAS nelle piante derivanti da studi in condizioni di crescita controllate, poco è noto sull’accumulo in specie vegetali coltivate in aree agricole inquinate. In questo studio, sono riportati i risultati di una prova su campo allestita a Creazzo (VI), comune situato all’interno della zona contaminata da PFAS nella Regione Veneto, dove sia il suolo che l’acqua contengono diversi composti perfluorurati. Nel dettaglio, è stato valutato l’assorbimento e l’accumulo di PFAS a livello di foglie e frutti di piante di pomodoro (*Solanum lycopersicum*) appartenenti a quattro diverse varietà commerciali, tre innestate ed una non innestata. In particolare, i campioni sono stati prelevati dal primo e dal sesto palco e la quantificazione del contenuto di PFAS è stata effettuata mediante analisi LC-MS/MS. Questa sperimentazione ha permesso di valutare l’influenza della varietà e dell’innesto sull’assorbimento di PFAS, e di studiare il trend di accumulo di tali sostanze in funzione della lunghezza della catena carboniosa e dell’altezza dei palchi. Per quanto riguarda le foglie, sono stati rilevati PFBA, PFBS, PFHxA, PFHpA e PFOA, le cui quantità erano generalmente più elevate nei campioni relativi al sesto palco. Il PFOA è stato accumulato in misura largamente maggiore rispetto agli altri PFAS, anche a causa della sua alta concentrazione nell’acqua utilizzata per l’irrigazione. Nel caso dei frutti invece, sono stati rilevati solamente PFBA, PFPeA e PFHxA, il cui assorbimento è stato generalmente più abbondante nei campioni relativi al primo palco. Di nota, la varietà non innestata ha accumulato quantità significativamente inferiori nei frutti rispetto alle varietà innestate.

Analisi HRMAS-NMR per la discriminazione della varietà frumento “Cappelli” coltivata in diverse aree geografiche

¹*Centro di ricerca interdipartimentale (CERMANU), Università di Napoli Federico II, Portici, Italia*

²*Dipartimento di Agraria, Università di Napoli Federico II, Portici, Italia*

³*Centro Nazionale di ricerca (CNR), Istituto di bioscienze e Biorisorse (IBBR), Bari Italia*

⁴*Consiglio per la ricerca in Agricoltura e l'analisi dell'economia agraria (CREA), Centro di ricerca Cerealicoltura e Colture Industriali (CREA-CI), Foggia, Italia*

***Autore di riferimento:** Silvana Cangemi, e-mail silvana.cangemi@unina.it

L'interazione tra suolo-pianta svolge un ruolo fondamentale nella tutela dell'ambiente e nella sicurezza alimentare. Il suolo fornisce il sostegno fisico e nutrizionale necessario per la crescita delle piante, mentre le piante, attraverso le loro radici, interagiscono con il suolo, influenzandone la struttura e la funzionalità. Questa interazione reciproca è essenziale per il corretto ciclo dei nutrienti, la conservazione dell'acqua e la riduzione dell'erosione del suolo (Consonni & Cagliani, 2008; Fiehn, 2002). L'interazione suolo-pianta insieme alle caratteristiche genetiche e ai fattori ambientali è in grado di influenzare fortemente il metaboloma delle piante (Bachmann et al., 2018). Pertanto, ai fini di una corretta tracciabilità alimentare, lo studio dei profili metabolici potrebbe consentire la discriminazione di piante coltivate in diverse aree geografiche. La risonanza magnetica nucleare (NMR) rappresenta un efficace strumento per la rilevazione dei profili metabolici vegetali. Tra le tecniche NMR, l'HRMAS consente di analizzare campioni allo stato semisolido combinando in questo modo sia i vantaggi ottenibili dalle analisi dirette su campioni solidi sia l'elevata risoluzione ottenibile dalle analisi allo stato liquido (Mazzei & Piccolo, 2017). La tecnica HRMAS è stata utilizzata per analizzare farine di frumento della varietà Cappelli coltivate in diverse località italiane. I risultati, a valle di elaborazioni statiche, hanno mostrato un profilo metabolico variabile in funzione dell'origine di coltivazione, permettendone la loro discriminazione. In conclusione, possiamo ritenere la tecnica HRMAS un supporto prezioso per la valutazione dell'origine geografica e della qualità dei prodotti agroalimentari. In una prospettiva futura vi è in programma di correlare questi risultati metabolici con le analisi dei suoli corrispondenti, per comprendere le possibili variazioni tra l'interazione piantasuolo.

Bibliografia

1. Bachmann, R., Klockmann, S., Haerdter, J., Fischer, M., & Hackl, T. (2018). ¹H NMR Spectroscopy for Determination of the Geographical Origin of Hazelnuts. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 66(44), 11873–11879. <https://doi.org/10.1021/acs.jafc.8b03724>
2. Consonni, R., & Cagliani, L. R. (2008). Geographical characterization of polyfloral and acacia honeys by nuclear magnetic resonance and chemometrics. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 56(16), 6873–6880. <https://doi.org/10.1021/jf801332r>

3. Fiehn, O. (2002). Metabolomics-the link between genotypes and phenotypes. In Plant Molecular Biology (Vol. 48).
4. Mazzei, P., & Piccolo, A. (2017). HRMAS NMR spectroscopy applications in agriculture. In Chemical and Biological Technologies in Agriculture (Vol. 4, Issue 1). Springer International Publishing. <https://doi.org/10.1186/S40538-017-0093-9>

Valutazione della qualità dei suoli e delle produzioni agrarie in sistemi orticoli campani

Antonio Giandonato Caporale e Paola Adamo

Dipartimento di Agraria, Università degli Studi di Napoli Federico II, Portici (Napoli)

***Autore di riferimento:** Antonio Giandonato Caporale, e-mail ag.caporale@unina.it

La qualità del suolo è influenzata da molteplici interazioni tra i fattori di fertilità chimica, fisica, biochimica/biologica del suolo. La sua valutazione è pertanto complessa e può variare a seconda dell'uso del suolo: per gli agroecosistemi, la qualità del suolo è principalmente correlata alla produttività e alla qualità dei prodotti alimentari, mentre per gli ecosistemi naturali i fattori chiave sono la salvaguardia della qualità ambientale e la conservazione della biodiversità. In Campania l'orticoltura è un settore strategico e ad alto sviluppo tecnologico, concentrato principalmente nelle Piane del Sele e Campana. Molti sistemi orticoli sono collocati in aree fortemente antropizzate, come gli ambienti urbani e periurbani, dove la qualità del suolo e la sicurezza alimentare sono costantemente influenzate dalle attività dell'uomo. Questo lavoro, svolto nell'ambito del Centro Nazionale per lo Sviluppo delle Nuove Tecnologie in Agricoltura, AGRITECH - SPOKE 3, finanziato da European Union Next-GenerationEU (Piano Nazionale di Ripresa e Resilienza, PNRR, CN00000022), con il contributo di METROFOOD-IT (PNRR-M2C4I3.1, DM 120 21/06/2022, IR0000033), mira a valutare la qualità del suolo e la sicurezza alimentare in contesti orticoli della Campania, dove produttività agricola ed attività antropiche coesistono e sono strettamente correlate. Nelle aree studio, localizzate prevalentemente nell'area metropolitana di Napoli, si stanno valutando: i) gli indicatori fisico-chimici di qualità del suolo; ii) il contenuto totale e biodisponibile/bioaccessibile di nutrienti e contaminanti, per valutare la fertilità del suolo e identificare possibili fonti di contaminazione; iii) gli elementi minerali ed i composti bioattivi nei prodotti alimentari per analizzarne il profilo nutrizionale, ed eventuali contaminanti chimici per valutarne la sicurezza alimentare; iv) i rischi ambientali e sanitari, connessi alla possibile esposizione dell'uomo al particolato terrigeno e all'assunzione di acqua e alimenti potenzialmente contaminati. I risultati di questo studio aiuteranno a definire specifici indicatori di qualità per i suoli agricoli localizzati in aree a forte impatto antropico. Le tecniche di coltivazione e di gestione delle aree studio saranno orientate verso modelli sito-specifici, sostenibili e resilienti ai cambiamenti climatici, ed inclusivi nei confronti della cittadinanza, che portino ad un uso più efficiente delle risorse, alla protezione ed al miglioramento della fertilità del suolo, della biodiversità e della qualità/sicurezza alimentare. Il trasferimento delle conoscenze acquisite verso i principali stakeholders (imprenditori agricoli, amministrazioni e associazioni locali, privati cittadini) saranno aspetti cruciali per migliorare la consapevolezza (soprattutto nelle giovani generazioni) delle funzioni e dei servizi ecosistemici dei suoli, e l'attenzione verso la qualità ambientale e la salubrità dei prodotti alimentari.

IMPATTO DI DIVERSI AMMENDANTI ORGANICI SULLA RESA QUALIQUANTITATIVA DI RUCOLA E SULLE PROPRIETÀ CHIMICO-FISICHE DEL SUOLO

Del Gaudio R.S.¹, Savy D.¹, Vinci G.², Scognamiglio F.¹, Verrillo M.²,
Piccolo A.¹, Cozzolino V.^{1,2}

¹*Dipartimento di Scienze Agrarie, Università di Napoli Federico II, Portici, Napoli, Italia.*

²*Centro di Ricerca Interdipartimentale sulla Risonanza Magnetica per l'Ambiente, l'Agro-Alimentare ed i Nuovi Materiali, Università di Napoli Federico II, Portici, Napoli, Italia.*

***Autore di riferimento:** Rosaria Serena Del Gaudio, e-mail rosariaserena.delgaudio@unina.it

Una gestione intensiva degli agroecosistemi influisce negativamente sulla fertilità del suolo. L'applicazione di ammendanti organici può rappresentare una potenziale soluzione per prevenire il rapido degrado della salute del suolo, migliorandone le proprietà chimiche e fisiche e raggiungere elevati livelli produttivi. Lo scopo di questo studio è stato di valutare l'effetto dell'applicazione di diversi ammendanti organici, in confronto ad una concimazione minerale, su crescita, contenuto di nutrienti, metaboliti secondari in piante di rucola (*Diplotaxis tenuifolia*) e le proprietà chimico-fisiche del suolo nei diversi trattamenti. In particolare, abbiamo testato: 1) un compost ottenuto mescolando scarti orticoli e buccette di caffè (CP); 2) un compost ottenuto, mescolando in un rapporto 70:30, scarti orticoli e buccette di caffè più biochar (CP+B); 3) sostanze umiche (HS) estratte da CP in aggiunta ad una concimazione NPK minerale (HS+NPK); 4) concimazione NPK minerale. L'esperimento è stato condotto in serra aperta, utilizzando dei vasi contenenti 1.2 kg di suolo argilloso-franco, pH alcalino. Le dosi di compost applicate sono corrispondenti a 15 e 30 ton ha⁻¹, rispettivamente per CP e CP+B, mentre per le HS sono state utilizzate due dosi, 25 e 50 mg kg⁻¹ di suolo, disciolte in acqua, suddivise in due applicazioni. Le piante sono state allevate per 40 giorni. Alla raccolta, abbiamo valutato la biomassa fresca e secca prodotta. Successivamente, i campioni di foglie sono stati analizzati per il contenuto di macro e micronutrienti, composti fenolici totali e attività antiossidante, oltre che per il contenuto di metaboliti secondari, quali glucosilonati e flavonoidi, tramite cromatografia liquida ad alta definizione e spettrometria di massa (IT-TOF-MS). Sono state condotte analisi chimico-fisiche del suolo: pH, conducibilità, capacità di scambio cationico (CEC), carbonio organico, azoto totale e fosforo disponibile. Dai risultati relativi alla biomassa vegetale si evince che l'applicazione di ammendanti organici ha migliorato significativamente la resa delle colture, in particolare il compost CP ha prodotto un incremento della biomassa in misura maggiore rispetto agli altri trattamenti, seguito dall'applicazione delle sostanze umiche. È interessante notare che lo stesso CP ha aumentato notevolmente la disponibilità di fosforo nel suolo. Inoltre, i valori di carbonio organico e CEC sono aumentati nei suoli trattati con ammendanti organici rispetto alla fertilizzazione minerale. I dati relativi al contenuto di nutrienti e ai metaboliti secondari sono in corso di elaborazione finale. I risultati preliminari suggeriscono che i diversi ammendanti organici hanno influenzato lo stato nutritivo del suolo e di conseguenza la crescita delle piante.

**Le differenze tra gestione del suolo biologica e integrata in siti Europei
mediante la diversità delle comunità di microartropodi**

Lorenzo D'Avino, Gaia Bigiotti, Francesco Vitali, Stefano Mocali

CREA Centro di ricerca Agricoltura e Ambiente, Firenze, Italia

***Autore di riferimento:** Lorenzo D'Avino, e-mail lorenzo.davino@crea.gov.it

Le azioni volte al miglioramento della qualità del suolo sono priorità consolidate per l'Unione Europea e la biodiversità della mesofauna è riconosciuta in campo scientifico come uno degli indicatori utili per la sua valutazione. La scelta di indicatori di “perdita di biodiversità del suolo” per discriminare i suoli in salute dovrebbe considerare il continuum delle comunità edafiche (includendo micro- meso- e macro-scala). Occorrerebbe favorire indici di facile utilizzo che includano diverse specie e che siano in grado di valutare le variazioni nella qualità di un suolo in tempi brevi. La gestione del suolo di diverse colture può interferire con la struttura di comunità dei microartropodi, minacciando la sua qualità biologica. In questo lavoro viene confrontato l'impatto di gestione biologica e integrata in sistemi colturali di mele, pomodori e fragole in 17 siti agricoli, situati in 5 Stati membri europei.

La mesofauna è stata estratta mediante selettore Berlese e valutata mediante l'applicazione dell'indice QBS-ar (qualità biologica del suolo basata su microartropodi, Parisi et al 2005). Il QBS-ar in oltre vent'anni di applicazione ha dimostrato di essere uno strumento appropriato di monitoraggio per classificare la diversità della comunità di microartropodi del suolo, raggruppando le diverse forme biologiche (BF) in base al morfotipo ben adattato alle condizioni epigee, emiedafiche o euedafiche.

La frequenza e l'abbondanza di BF euedafiche (in particolare collemboli euedafici, sinfili e dipluri) è risultata maggiore sui campi gestiti a biologico e pertanto la gestione biologica ha mostrato valori di QBS-ar più elevati (Wilcoxon test $p=0.011$, effect size= 0.631).

Nonostante le diverse condizioni pedoclimatiche e agronomiche, i sistemi coltivati con metodo biologico hanno mostrato la più alta frequenza di BF euedafiche, confermando l'ipotesi che una gestione con maggiori apporti di sostanza organica e con ridotti input chimici favorisca i microartropodi e in particolare quelli più adattati al suolo, contribuendo al miglioramento della sua qualità.

Valutazione di sistemi di rotazione agricola orticoli e a seminativo con diverso apporto di sostanza organica

Lorenzo D'Avino*¹, Irene Criscuoli¹, Giovanni L'Abate¹, Maurizio Castaldini¹, Giuseppe Valboa¹,
Claudia Becagli¹, Roberto Matteo², Nerio Casadei², Luca Lazzeri²

¹CREA Centro di ricerca Agricoltura e Ambiente, Firenze, Italia

²CREA Centro di ricerca Cerealicoltura e Colture Industriali, Bologna, Italia

***Autore di riferimento:** Lorenzo D'Avino, e-mail lorenzo.davino@crea.gov.it

Come noto, gli apporti di sostanza organica (SO) esogena ed endogena nei sistemi colturali consentono un miglioramento dei servizi ecosistemici, in virtù della sua capacità di trattenere acqua, aumentare la porosità e la stabilità degli aggregati, fornire habitat per gli organismi e sequestrare potenzialmente anidride carbonica dall'atmosfera. Tuttavia la misurazione di tale aumento nei suoli agricoli è materia estremamente attuale e controversa, soprattutto nel contesto dei regolamenti europei su fertilizzanti e su crediti di carbonio e nella proposta di direttiva per il monitoraggio dei suoli. Ed in futuro sarà la chiave nella divisione tra aziende "sequester" ed "emitter". In parcelle dimostrative di circa 1000 m² situate nel medesimo sistema pedologico nei pressi di Loreto (AN), sono state valutate per 4 anni tre intensità di apporti (assente, moderato ed elevato) mediante digestato e sovesci di piante biocida, rispettivamente su sistemi colturali a seminativo e orticole in rotazione.

I suoli inizialmente differivano significativamente per tessitura, contenuti di calcare e SO. Mediante un sensore di emissioni gamma, è stata indagata la pedodiversità per la definizione dei punti di campionamento. Dopo un anno, successivamente al sovescio biocida con *Brassica juncea* L.(Czern.) sono stati i potenziali effetti fitotossici sulle colture successive (girasole e orto estivo), ma né l'altezza né la clorofilla delle piante ha rilevato differenze significative tra le parcelle.

Al termine della sperimentazione, nonostante la variabilità dei sistemi colturali e il *priming effect*, il carbonio organico e l'azoto totale sono aumentati nelle parcelle con apporto di SO. L'analisi della comunità batterica tramite elettroforesi (DGGE) ha evidenziato negli anni una maggiore alfa-biodiversità nelle parcelle con apporti, ma nel sistema orticolo, richness e indice di Shannon sono risultati inferiori nella parcella con apporti maggiori, suggerendo possibili fenomeni di dominanza. Tuttavia, le differenze di uso nel suolo in seguito alle rotazioni nei sistemi colturali non sempre consentono di rilevare una proporzionalità tra gli apporti e i risultati degli indici adottati. Il recupero degli scarti produttivi può giocare un ruolo determinante nell'impatto ambientale dei sistemi colturali. La valutazione della *carbon footprint* degli scarti orticoli ha stimato un risparmio di 385 kg di CO₂eq per kg di scarto tal quale nel caso di microgenerazione di biogas e interrimento del digestato prodotto, rispetto all'interrimento dei residui lasciati in campo, prendendo in considerazione la stima del sequestro di C, delle emissioni di N₂O, la compensazione per l'apporto di NPK e l'energia termica ed elettrica prodotta dal biogas.

SVILUPPO DI PROCESSI INNOVATIVI PER LA PRODUTTIVITÀ E LA SOSTENIBILITÀ IN AGRICOLTURA

Marika Pellegrini, Rihab Djebaili, Daniela M. Spera, Maddalena Del Gallo, Mahmoud Kitouni,
Vittorio Di Giammatteo, Mario Nucci

***Autore di riferimento:** Maddalena Del Gallo, e-mail mariamaddalena.delgallo@univaq.it

Nell'ambito del progetto PRO.S.A. PEI (PARTENARIATO EUROPEO PER L'INNOVAZIONE, PSR 2014-2020, Misura 16.1), è stato sviluppato un metodo di coltivazione innovativo basato su microrganismi in armonia con la risorsa suolo per i settori orticolo e pataticolo, che garantiscono prodotti sicuri, di alta qualità ed ecologicamente sostenibili. Per aumentare la produttività agricola per unità di superficie, molte pratiche agricole prevedono l'uso di fertilizzanti chimici, che a lungo andare influiscono negativamente sulle proprietà fisico-chimiche e sulla permeabilità del suolo, compromettendo l'espansione delle radici delle piante. In definitiva, questo porta a una riduzione delle rese produttive, a una diminuzione della qualità dei raccolti e all'insorgere di problemi ambientali e di inquinamento delle falde acquifere. L'innovazione introdotta nell'ambito del progetto è l'utilizzo di PGPB in grado di migliorare l'efficienza dell'utilizzo dei nutrienti, migliorando la qualità della produzione e ottimizzando i processi metabolici delle piante. Gli esperimenti nell'ambito del progetto PROSA prevedono l'applicazione di prodotti biostimolanti microbici al fine di migliorare il rilascio di nutrienti nel suolo ed evitare fertilizzazioni con prodotti chimici di sintesi, in particolare quelle fosfatiche. Le sperimentazioni finora condotte hanno riguardato l'applicazione di un formulato a base di *Streptomyces* sp., isolato e testato in laboratorio per le capacità di solubilizzazione di fosfati, su tuberi da seme di *Solanum tuberosum* L. in fase di pre-semina e in assenza/riduzione di concimazione fosfatica di tipo chimico. Le sperimentazioni sono state effettuate nella Piana del Fucino (provincia dell'Aquila), selezionando i campi sperimentali nelle diverse zone (versante nord, bacinetto e versante sud). I risultati ottenuti da sperimentazioni di campo hanno confermato l'azione di solubilizzazione del fosforo e l'arricchimento di questo elemento nelle patate. Inoltre, il ceppo ha mostrato capacità associative con altre specie vegetali (*Solanum lycopersicum*, *Daucus carota*, *Triticum* sp e *Lactuca sativa*) e i test condotti in condizioni controllate indicano che il procedimento potrebbe essere applicato ad altre colture orticole. I risultati ottenuti sono stati valorizzati attraverso un brevetto con estensione internazionale.

Pedodiversità e diversità vegetazionale di un pascolo delle Alpi centrali

Chiara Ferré, Gaia Mascetti, Sara Agaba, Rodolfo Gentili, Roberto Comolli

Università di Milano Bicocca, Dipartimento di Scienze dell'Ambiente e della Terra

***Autore di riferimento:** Chiara Ferré, e-mail chiara.ferre@unimib.it

Gli ecosistemi di pascolo, componenti fondamentali del paesaggio alpino, possiedono un elevato valore naturalistico, economico e culturale. La diversità è la chiave della stabilità degli ecosistemi naturali: diversità significa resistenza e resilienza ai cambiamenti ambientali. La pedodiversità, in particolare, può influenzare una serie di fenomeni ecologici come la distribuzione delle specie vegetali, la regimazione delle acque, i livelli di erosione, la produzione di biomassa, nonché la varietà del paesaggio. Nell'ambito del progetto Pascol-Ando (PSR Lombardia), volto a promuovere una gestione sostenibile dei pascoli, sono state caratterizzate e mappate le tipologie di suolo e di vegetazione e quantificate la pedodiversità e la biodiversità vegetazionale. L'area di studio è l'Alpe Andossi (350 ha), situata in Valchiavenna (SO), tra 1800 e 2000 m di altitudine; qui sono stati individuati 160 punti, rappresentativi della variabilità geolitologica, morfologica e vegetazionale, dove condurre lo studio pedologico e floristico. I tipi di suolo (Leptosols, Regosols, Cambisols, Umbrisols, Podzols, Gleysols e Histosols) e di vegetazione (nardeto, arbusteto, pascolo pingue, pascolo dei suoli calcarei, torbiera e cuscinetti di terra) sono stati cartografati applicando il modello MARS (Multivariate Adaptive Regression Splines), utilizzando come covariate 27 variabili geomorfometriche (estratte da un DEM con risoluzione di 4 m) e tre indici di vegetazione (NDVI, NDWI, NDRE, ottenuti da immagini Sentinel-2). La pedodiversità e la diversità vegetazionale sono state valutate e confrontate, utilizzando alcuni indici (diversità di Shannon e Simpson, Edge Density, Division, Joint Entropy, ecc.), con riferimento non solo al numero ed estensione delle tipologie presenti, ma anche alla loro frammentazione e disposizione spaziale. I risultati mostrano una stretta relazione suolo-vegetazione. Nell'area di studio i Cambisols sono tipici dei cuscinetti di terra e del pascolo acido (magro e pingue). Leptosols e Regosols sostengono per lo più il pascolo magro o calcareo. I Podzols sono caratteristici del pascolo acido magro e di quello inarbustito; gli Histosols coincidono con le torbiere. Pedodiversità e diversità vegetazionale mostrano indici comparabili e tra loro positivamente correlati. La parte nord del pascolo, con materiali parentali a litologia acida, mostra sempre valori di diversità più bassi rispetto alla parte sud dell'alpeggio, caratterizzata da substrato calcareo, con copertura glaciale acida discontinua e di diverso spessore. La variabilità geomorfologica e di materiale parentale, che caratterizza la parte sud dell'alpeggio, ha fortemente condizionato la pedogenesi, incrementando la pedodiversità e la diversità vegetazionale.

**INDICATORI DELLA FERTILITÀ BIOLOGICA IN UN SUOLO DI RISAIA SOTTOPOSTO AD
AMMENDAMENTO CON COMPOST IN AMBIENTE MEDITERRANEO**

Marco Pittarello¹, Maria Teresa Rodinò¹, Francesco Andrea Naccarato¹,
Benito Scazziotà², Antonio Gelsomino¹

¹*Dipartimento di Agraria, Università Mediterranea di Reggio Calabria, Reggio Calabria (RC)*

²*Società Agricola Terzeria Srl Soc. Benefit, 87072 Francavilla Marittima (CS)*

***Autore di riferimento:** Antonio Gelsomino, e-mail agelsomino@unirc.it

Nei contesti agricoli mediterranei è ormai consolidato l'impiego di compost di qualità per contrastare i processi di degradazione e favorire il ripristino della fertilità, soprattutto su suoli con limitazioni d'uso o nelle aree sottoposte a forme di gestione intensiva e non conservativa. L'azienda agricola Terzeria, sita nella piana di Sibari (CS), presenta nei suoi confini aziendali tipologie diversificate di suoli, tra cui terreni che per caratteristiche idrauliche (drenaggio interno lento) e pedochimiche (orizzonti profondi salini), presentano severe limitazioni, restringendone la destinazione d'uso alla coltivazione del riso in omosuccessione. L'ambiente di risaia è caratterizzato da granulometrie per lo più limose, che favoriscono prolungati periodi di sommersione e di saturazione idrica, con conseguenti dinamiche legate al ciclo del carbonio e dei nutrienti differenti rispetto ad altre gestioni colturali. Scopo del presente lavoro è stato quello monitorare in una situazione di pieno campo l'evoluzione della fertilità biologica di un suolo di risaia durante un ciclo colturale (da gennaio 2022 a marzo 2023) che ha previsto lavorazioni convenzionali di preparazione del terreno in aprile, ammendamento (8 t/ha) con compost Terrasana Bio[®] ottenuto per bioconversione controllata di FORSU, semina del cereale (*Oryza sativa* L. var. Karnak) in maggio, sommersione fino a settembre e raccolta della granella in ottobre. La sperimentazione è stata allestita su una superficie complessiva di 2 ha all'interno della quale sono state individuate le due aree di saggio (suolo ammendato vs non ammendato) con 5 repliche ciascuna. Sui campioni di suolo, prelevati a scala temporale crescente (da giorni a mesi dopo l'ammendamento), sono state determinate le variabili fisiche e chimiche, oltre a quelle biochimiche che hanno permesso di calcolare l'indice di fertilità biologica (BFI), un indicatore sintetico che esprime la classe di fertilità del suolo combinando sei variabili funzionalmente collegate al ciclo del C. I risultati mostrano che oltre alle attese significative variazioni del C ed N totale, la respirazione basale e il C della biomassa microbica rappresentano gli indicatori più sensibili all'aggiunta di compost al suolo. Il BFI evidenzia una spiccata resilienza del sistema risaia che assorbe il "disturbo" dell'ammendamento dopo 16 settimane dal trattamento, risultando maggiormente influenzato, nelle variazioni dei parametri ad esso collegati, alle fluttuazioni stagionali dei fattori climatici. Pur essendo stato validato in sistemi colturali dell'ambiente mediterraneo molto diversi (agricoli e forestali, seminativi e sistemi legnosi) ma riconducibili a suoli arieggiati, anche in suoli caratterizzati da condizioni prolungate di anaerobiosi, come nella risaia, il BFI presenta interessanti potenzialità applicative.

Wheat (*Triticum aestivum* L.) performance and nitrogen dynamics in soil amended with ammonium-enriched zeolite from real treated wastewater

Sofia Maria Muscarella^{1*}, Vito Armando Laudicina¹, Luigi Badalucco¹,
Giorgio Mannina², Antonio Delgado³

¹*Department of Agriculture, Food and Forest Sciences, University of Palermo, Viale delle Scienze, Building 4, 90128 Palermo, Italy*

²*Department of Engineering, University of Palermo, Viale delle Scienze, 90128 Palermo, Italy*

³*Department of Agronomy, ETSIA, University of Seville, Ctra Utrera km 1, 41013, Seville, Spain*

Autore di riferimento: Sofia Maria Muscarella, e-mail sofiamaria.muscarella@unipa.it

In this study, the effect of ammonium-enriched zeolite (NH₄⁺) as a slow-release fertilizer for wheat grown was evaluated. Zeolites were enriched in filter columns located in a wastewater treatment pilot plant using real wastewater from the Water Resource Recovery Facility of Palermo University. Two zeolites, ZCS and ZCL, with the same mineralogical composition but with different particle diameters (ø 0.5-1.5 mm and ø 2-5 mm, respectively) were used. The experimental design involved the use of two different soils to evaluate the effect of enriched zeolite compared to N-fertilizer. Four treatments were set up: control (no nitrogen), soil fertilised with 30 mg of N per plant applied in the form of ammonium sulfate, [NH₄)₂SO₄], ZCS and ZCL treatments, where zeolite with small and large particle diameter respectively, were applied to add 30 mg of N per plant. The four treatments were replicated in four blocks for the two soils, resulting in a total of 32 experimental units. The entire experiment was conducted in a growth chamber. Wheat (*Triticum aestivum* L.) plants were irrigated daily with 20 mL of nitrogen-free Hoagland nutrient solution. Wheat was chosen as test plant due to its high nitrogen requirement and rapid hazard of nutritional deficiencies. Before starting the experiment, both zeolites were analysed to determine cation exchange capacity, and exchangeable cations, included NH₄⁺, total carbon, nitrogen, sulfur, mineralogy, and FTIR spectra. At the end of the growth experiment lasted 88 days, plants were harvested and stored for further analyses. Soil analyses included the determination of available NO₃⁻, NH₄⁺ and β-glucosidase. Plant samples were analysed for total nitrogen concentrations in roots, stems, glumes, and grains. Moreover, biometric parameters such as fresh weight, dry weight, number of ears per plant, grain weight, and glume weight were determined. Nitrogen Use Efficiency (NUE) and Nitrogen Fertilizer Replacement Value (NFRV) were evaluated.

Phosphorus dynamics in the soil-sunflower (*Helianthus annuus* L.) system as affected by P-enriched biochar from real treated wastewater

Sofia Maria Muscarella^{1*}, Vito Armando Laudicina¹, Luigi Badalucco¹,
Giorgio Mannina², Antonio Delgado³

¹*Department of Agriculture, Food and Forest Sciences, University of Palermo, Viale delle Scienze, Building 4, 90128 Palermo, Italy.*

²*Department of Engineering, University of Palermo, Viale delle Scienze, 90128 Palermo, Italy.*

³*Department of Agronomy, ETSIA, University of Seville, Ctra Utrera km 1, 41013, Seville, Spain.*

Autore di riferimento: Sofia Maria Muscarella, e-mail sofiamaria.muscarella@unipa.it

This study reports on the characteristics of phosphorus-enriched biochar, and on its effect when used as slow released fertilizers, on the soil-sunflower (*Helianthus annuus* L.) system. The biochar was enriched using real treated wastewater at a pilot-scale wastewater treatment plant of the Water Resource Recovery Facility of Palermo University. Two types of biochar, B440 and B880, obtained from the same biomass by pyrolysis at 440°C and 880°C, respectively, were used. The experimental design involved the use of two soil types: one rich in calcium and one rich in iron, but both deficient in phosphorus (P). Four treatments were performed: a control without P, a control with P applied as KH₂PO₄ at a dose of 50 mg of P per kg of dry soil, a treatment with biochar B440, and another one with biochar B880, both applied to add 50 mg of P per kg of dry soil. The experiment lasted (122 days) and was carried out in a growth chamber. Sunflower plants were irrigated daily with 20 mL of P-free Hoagland nutrient solution. Sunflower was chosen as a test plant due to its high P requirement and susceptibility to nutritional deficiencies. Before beginning the experiment, extensive biochar characterization was performed, including the determination of Olsen P, total P, iron, zinc, carbon, nitrogen, and sulfur content. Germination and phytotoxicity tests were conducted, and a P release study was carried out using an anionic resin to assess the mode and amount of P released from the materials. At the end of the study, sunflower plants were explanted, and soil and plant samples were stored for further analysis. Different forms of P were analyzed in the soil, along with the amounts of mineral N and enzyme activities (acid phosphatase, alkaline phosphatase, and β-glucosidase). Total P concentrations in roots, stems, and flowers were quantified in plant samples, along with biometric parameters such as fresh weight and dry weight. Finally, P uptake and Phosphorus Fertilizer Replacement Value (PFRV) were assessed.

The use of cover crops green manure with fumigant action in the control of biotic potato and tomato diseases

Quintarelli Valentina^{1*}, Allevato Enrica², Salani Gian Marco¹, Massa Fabio¹, Radicetti Emanuele¹, Stazi Silvia Rita¹

¹*Department of Chemical, Pharmaceutical and Agricultural Sciences (DOCPAS), University of Ferrara, Ferrara, Italy*

²*Department of Environmental and Prevention Sciences, University of Ferrara (DISAP), Ferrara, Italy*

***Autore di riferimento:** Quintarelli Valentina, e-mail valentina.quintarelli@unife.it

Keywords: Cover crops, Green manure, Biocidal action, Sustainable agriculture

In recent years, pesticides have been widely used to control the infestation by pathogens capable of damaging the quality of agricultural crops. Despite being considered a very promising means of control, the development of resistance by many pathogens to these substances has increased, making them not very effective. It is therefore necessary to develop alternative management methods for the sustainable control of these biotic adversities through the implementation of alternative agricultural techniques directed towards 'sustainable agriculture'. A valid alternative to the use of chemicals is the green manure (GM) of cover crops with biocidal action. The objective of this study was to evaluate biocide efficacy of two different cover crop GM on production variations on the main crops (potato and tomato crop) and the qualitative effect on soil fertility. In the first case, was evaluated the biofumigant action of sorghum (Sorghum-sudangrass hybrids) GM, containing cyanogenic glucosides (named dhurrin) that break down to produce hydrogen cyanide, which is able to degrade in the soil, making it toxic in particular for elaterids, which represent the major biotic adversity in potato cultivation. In the second case study, was evaluated the nematicidal action of GM with horseradish (*Raphanus sativus* L.), containing glucosinolates that hydrolyse and release isothiocyanate, which in the presence of the enzyme myrosinase or in an acid environment releases cyanide, on the control of nematodes, which are the major cause of production damage in greenhouse tomato cultivation. The field potato trial was organised in Complete Randomized Blocks (10 m² each row) using the following treatments: no-sorghum GM (1); No-sorghum GM with standard chemical treatment for elateridae control (2); sorghum GM (3); sorghum GM with desiccant K₂O treatment (4); sorghum as treatment 3; with standard treatment for elateridae control (5). Also, soil sampling was carried out at three different times: before the sorghum treatment, after the sorghum distribution and after the potato harvest. Regarding the experiments concerning horseradish GM in greenhouse tomato cultivation was organised in Complete Randomized Blocks experimental design (30 m² each plot) with the following treatments: without horseradish without conventional fumigation (A), without horseradish with conventional fumigation (B), with horseradish without conventional fumigation (C) and with horseradish with conventional fumigation (D). The experimental works is work in progress, and the preliminary data on soil fertility, on yield of tomatoes and potatoes, nematode and elaterid control will be presented at the said conference.

**Developing Soil Health Indicators and Monitoring Protocols for
Mediterranean Soils and Environments**

Claudio Zucca¹, Pandi Zdruli², Quang Bao Le³, Rachid Moussadek³, Antonio Delgado⁴,
Laurent Caner⁵, Rafla Attia⁶, Roberto Demontis⁷, Dimitris Triantakoustantis⁸, Sameh Shaddad⁹,
Ihab Jomaa¹⁰, Jawad T. Al-Bakri¹¹, Michele D'Amico¹², Süha Berberoglu¹³,
Fabio Terribile¹⁴, Riccardo Scalenghe^{15*}

¹University of Sassari;

²Mediterranean Agronomic Institute of Bari;

³International Center for Agricultural Research in the Dry Areas;

⁴University of Seville; ⁵University of Poitiers;

⁶Ministry of Agriculture, Hydraulic Resources, and Fisheries of Tunis;

⁷Research, Development, and Higher Studies Center in Sardinia;

⁸Hellenic Agricultural Organization;

⁹University of El Zagazig;

¹⁰Lebanese Agricultural Research Institute;

¹¹University of Jordan; ¹²University of Milan;

¹³University of Cukurova;

¹⁴University of Naples Federico II;

¹⁵University of Palermo

***Autore di riferimento:** Riccardo Scalenghe, e-mail riccardo.scalenghe@unipa.it

Soil health plays a pivotal role in the One Health strategy and is fundamental to achieving sustainable land management objectives. However, in the Mediterranean region, the limited availability and utilization of soil data and information (SDI) present significant barriers to attaining policy targets linked to the Sustainable Development Goals (SDG) for 2030. The consequences of inadequate soil information in decision-making processes are often underestimated and carry farreaching negative implications. Recognizing these challenges, the project "SOIL health monitoring and information systems FOR sustainable soil management in the MEDiterranean region (SOILS4MED)" has recently secured funding under the PRIMA TOPIC:1.2.1(2022) initiative. This project aims to develop integrated soil data and information systems specifically tailored to the Mediterranean region, acting as a gateway for effective and sustainable soil management. By leveraging existing local and regional models such as the JRC-LUCAS and the Soil4Africa H2020 project and aligning with the guidelines

Il contributo del suolo per la salvaguardia degli ecosistemi e la sicurezza alimentare

established by the FAO's Global Soil Partnership, the SOILS4MED project seeks to demonstrate the necessity and benefits of implementing regular soil monitoring systems based on up-to-date field data. The project has the following objectives: Engage with stakeholders in line with the Living Lab approach and raise awareness on the benefits deriving from increased investment in SDI. Develop policy-relevant integrated indicator sets and monitoring protocols adapted to the environmental specificities and diverse soil types present in the Mediterranean region. Validate the protocols in study areas representing major agroecological regions and soil types, generating the first-ever extensive, openly accessible dataset on soil health for the Mediterranean region. Demonstrate the capacity of the SDI produced by the protocols, integrated with legacy soil data, to support state-of-the-art tools for sustainable soil and water management, land degradation neutrality, and regional soil condition mapping, including carbon stock mapping. Design and implement standardized country-based soil information systems (SIS) for the effective management and use of SDI. The SOILS4MED project endeavors to bridge the gap between stakeholders and scientists in the Mediterranean, emphasizing the necessity and advantages of establishing comprehensive soil monitoring systems. By highlighting the multiple benefits generated by reliable soil data and information, this project aims to address the prevailing challenges and propel sustainable soil management in the region. SOILS4MED works in synergy with international initiatives on SDI availability and use in the Mediterranean region, particularly supporting SDI harmonization efforts conducted by FAO's Global Soil Partnership and ongoing international soil health mapping initiatives by JRC, FAO, and ISRIC.

Soppressività e caratterizzazione molecolare di frazione organiche estratte da compost verdi

Verrillo M.^{1,2*}, Carbone F.A.¹, Cangemi S.^{1,2}, Scognamiglio F.¹, Pasqualini A.³, Pane C.³, Spaccini R.^{1,2}

¹*Dipartimento di Agraria, Università di Napoli Federico II, Via Università 100, 80055 Portici, Italy*

²*Centro di Ricerca Interdipartimentale CERMANU, Università di Napoli Federico II, Italy*

³*Centro di Ricerca Orticoltura e Florovivaismo, CREA, Pontecagnano Faiano, Italy*

***Autore di riferimento:** Mariavittoria Verrillo, e-mail mariavittoria.verrillo@unina.it

Il compost è convenzionalmente utilizzato come ammendante per il miglioramento delle proprietà fisiche, chimiche e biologiche dei suoli agrari. Tra le funzioni complementari un aspetto importante è rappresentato dalla potenziale azione bioattiva. Sia i compost sia le frazioni estraibili (e.g. tè di compost, sostanze umiche) possono infatti svolgere sia attività biostimolanti nei confronti delle piante sia favorire il controllo di stress biotici ed abiotici. In questo ambito le colture orticole e le produzioni agroindustriali forniscono una quantità significativa di residui e sottoprodotti dai quali ottenere compost e derivati con proprietà di biostimolanti e/o di soppressione di patologie vegetali di origine microbica. L'obiettivo principale di questo studio è stato la valutazione delle potenziali proprietà soppressive di due compost verdi ottenuti da residui della lavorazione di olive e da scarti industriali del caffè. Oltre ai compost, sono state investigate le frazioni organiche come le sostanze umiche (HS), tè di compost (CT), frazione acquosa (DOM) e composti lipidici al fine di evidenziare le componenti più bioattive e valutare una possibile relazione tra caratteristiche molecolari e bioattività. La composizione molecolare dei compost e delle frazioni è stata analizzata mediante ¹³C CPMAS NMR, termochemolisi GC-MS e saggio Folin Ciocalteu. L'attività soppressiva è stata misurata mediante l'utilizzo di un saggio in vivo per valutare i livelli di infezione da parte di *Fusarium oxysporum* f.sp. *raphani* su rucola selvatica (*Diplotaxis tenuifolia*), valutando il potenziale di induzione della resistenza sistemica (PVR) nelle piante. Inoltre, sono state determinate le proprietà antibatteriche verso ceppi multi-drug resistance di interesse umano e il potere antiossidante per proporre ulteriori applicazioni degli estratti di compost in campo nutraceutico. I risultati dei saggi in pianta su *Fusarium oxysporum* f hanno evidenziato per entrambe le biomasse una maggiore attività soppressiva nei confronti della rucola selvatica per i compost tal quali, seguiti dalle frazioni DOM e HS. Al contrario, la valutazione delle proprietà antiossidanti e saggi antimicrobici hanno dimostrato che gli estratti di HS e CT dal compost di olivo inducono un effetto soppressivo sui patogeni legati alla salute umana. La combinazione di caratterizzazione molecolari e dei dati biologici su rucola selvatica suggerisce l'attivazione di meccanismi di inibizione o induzione di resistenza legati all'interazione delle radici della pianta con frazioni polari come oligosaccaridi e peptidi, mentre la lignina e i derivati fenolici sono correlati all'attività antiossidante e all'inibizione della crescita di microrganismi patogeni dannosi per la salute umana.

SUOLO, CAMBIAMENTI CLIMATICI E SVILUPPO SOSTENIBILE

Relatore: Michele Freppaz

RELAZIONE AD INVITO

Suolo, cambiamenti climatici e sviluppo sostenibile

Michele Freppaz

Università degli Studi di Torino – DISAFA; Alpine Soil Partnership

Il suolo, i cambiamenti climatici e lo sviluppo sostenibile sono temi strettamente interconnessi e di fondamentale importanza per il nostro pianeta e il benessere delle generazioni future. In particolare la gestione sostenibile del suolo può contribuire significativamente al raggiungimento degli Obiettivi di sviluppo sostenibile delle Nazioni Unite (SDGs), così come alla mitigazione dei cambiamenti climatici. In particolare, gli SDGs che richiedono un'azione sul suolo sono: SDG2 (sconfiggere la fame); SDG6 (acqua pulita e servizi igienico-sanitari); SDG13 (lotta contro il cambiamento climatico) e SDG15 (la vita sulla terra). Nessuno di questi obiettivi può essere raggiunto senza migliorare lo stato dei suoli e la loro gestione. Anche la Strategia nazionale per lo sviluppo sostenibile evidenzia l'importanza del suolo e la necessità di arrestarne il consumo e combattere la desertificazione. Oltre il 60% dei suoli europei versa in un cattivo stato di salute (<https://data.europa.eu/doi/10.2777/821504>), ed essi si stanno ulteriormente degradando a causa di una gestione non sostenibile, impermeabilizzazione, contaminazione e sfruttamento eccessivo, combinati con l'impatto dei cambiamenti climatici. Il clima esercita una sensibile influenza sulla vita del suolo, generalmente in equilibrio con le condizioni climatiche che hanno portato alla sua formazione. I cambiamenti climatici in atto possono alterare tale equilibrio, modificando le proprietà e le funzioni del suolo. Il suolo stesso, a sua volta, può giocare un ruolo fondamentale nel modificare la concentrazione dei gas climalteranti, agendo come sorgente di carbonio o, all'opposto, come trappola. Una trappola molto efficace, se si pensa che la quantità di carbonio organico immagazzinata nel suolo è pari a 1500 Gt, quantitativo nettamente superiore alle 720 Gt contenute in atmosfera e alle 600 Gt nella vegetazione. Tuttavia, l'aumento della temperatura può incrementare l'attività dei microrganismi del suolo, accelerando la mineralizzazione della sostanza organica e la produzione di anidride carbonica che favorisce un ulteriore aumento di temperatura dell'atmosfera. Negli ambienti montani coperti da un manto nevoso stagionale, come buona parte dell'Arco Alpino Italiano, la complessità di tali fenomeni è ulteriormente incrementata. Infatti, l'azione isolante del manto nevoso garantisce temperature del suolo più miti rispetto a quelle dell'aria, consentendo il mantenimento dell'attività biologica anche durante l'inverno, il che rappresenta una fonte non trascurabile di anidride carbonica. Uno degli effetti del cambiamento climatico nelle regioni montuose è però rappresentato da una riduzione dell'innnevamento alle quote più basse e da un anticipo della fusione primaverile, con il conseguente aumento della frequenza di cicli gelo/disgelo e di episodi di congelamento del suolo, in grado di alterarne i cicli biogeochimici di carbonio e azoto e la struttura. Oltre al manto nevoso, nelle aree montane un altro elemento della criosfera fortemente influenzato dai cambiamenti climatici è rappresentato dai ghiacciai, il cui arretramento sta provocando l'esposizione di ampie superfici precedentemente coperte dal ghiaccio. Queste superfici sono dei veri e propri laboratori naturali per la verifica delle teorie di sviluppo di ecosistemi e suoli associati attraverso lo studio di cronosequenze a diverse quote e in ambienti caratterizzati da differenti litologie. Si tratta di ambienti fragili e vulnerabili, sempre più spesso soggetti ad una significativa pressione antropica, e che quindi richiedono accurate tecniche di gestione e specifiche forme di tutela. In tale ambito il Protocollo per la difesa del suolo della Convenzione delle Alpi, contiene misure specifiche di attuazione dei principi previsti dalla Convenzione quadro e iniziative concrete da intraprendersi per la protezione e lo sviluppo sostenibile delle Alpi attraverso la difesa del suolo.

CONTRIBUTI ORALI

Effetti di lungo periodo di polimeri biodegradabili commerciali su alcuni parametri chimici e microbiologici del suolo

Sofia Barili^{1*}, Alessandro Bernetti², Ciro Sannino², Benedetta Turchetti², Pietro Buzzini²,
Giovanni Gigliotti¹, Daniela Pezzolla¹

¹*Dipartimento di Ingegneria Civile e Ambientale, Università degli Studi di Perugia, Italia*

²*Dipartimento di Scienze Agrarie, Alimentari e Ambientali, Università degli Studi di Perugia, Italia*

***Autore di riferimento:** Sofia Barili, e-mail barilisofia@gmail.com

Sebbene l'impiego di plastica nel settore agrario (es. pacciamatura) garantisca ottime performances colturali, la gestione dei residui potrebbe rappresentare una minaccia, sia per la qualità del suolo sia per la salute umana. L'uso di teli pacciamanti biodegradabili assicura prestazioni agronomiche comparabili ai teli tradizionali e a una gestione post-consumo più semplice ed ecocompatibile. Nonostante ciò, la biodegradazione dei teli pacciamanti può influenzare alcune proprietà chimiche e microbiologiche del suolo.

L'obiettivo del presente lavoro ha riguardato lo studio degli effetti sul suolo di un polimero biodegradabile (Mater-Bi®) utilizzato per la produzione di teli pacciamanti nel lungo periodo. Inoltre, è stata testata la cellulosa come polimero di riferimento.

A tale scopo, è stato allestito un esperimento di incubazione in microcosmo (a 20°C e al 75% della capacità idrica di campo), utilizzando suoli trattati con il biopolimero e cellulosa entrambi a dosi di applicazione dello 0,021% e 1% p/p. Gli effetti della presenza dei biopolimeri sulle proprietà chimiche e microbiologiche del suolo sono stati valutati a diversi tempi sperimentali (3, 7, 14, 21, 30, 60, 90, 120, 180 e 360 giorni).

I parametri fisico-chimici considerati sono stati: emissioni di CO₂; C organico estraibile in acqua (WEOC) e N estraibile in acqua (WEN); idrolisi della fluoresceina diacetato (FDA) e l'assorbimento UV specifico a 254 nm (SUVA₂₅₄). La struttura delle comunità microbiche del suolo è stata studiata a diversi livelli tassonomici (phylum e genere) mediante sequenziamento (Illumina MiSeq) delle regioni V3 e V4 del 16S rRNA per i batteri e della regione ITS2 per i funghi.

Nel corso della sperimentazione sono state osservate fluttuazioni nei suoli addizionati con i biopolimeri rispetto al controllo, con effetti significativi sui parametri testati sia dose- che taxa-dipendente. La concentrazione maggiore di Mater-Bi® determinava un aumento significativo ($p < 0.05$) delle emissioni di CO₂, di WEOC e dell'attività idrolitica valutata attraverso il test con FDA e, parallelamente, una diminuzione significativa ($p < 0.05$) del parametro WEN. Questi risultati suggeriscono che la maggiore disponibilità del C presente nel biopolimero stimola l'attività microbica (aumento dell'attività respiratoria), accelerando la degradazione della WEOC e la diminuzione della WEN. Rispetto alla medesima dose di Mater-Bi®, i risultati ottenuti con cellulosa si sono manifestati

Suolo, cambiamenti climatici e sviluppo sostenibile

già nei primi giorni di sperimentazione, dimostrando come per il polimero commerciale i fenomeni idrolitici, come evidenziato dai risultati del test con FDA, intervengano dopo un probabile periodo di adattamento della microflora presente. Gli indici di biodiversità microbica (alfa- e beta-diversità) non sono risultati influenzati nel lungo periodo dalla presenza dei biopolimeri, mentre un impatto taxon-specifico è stato occasionalmente osservato sia a livello batterico (Candidatus Saccharibacteria, Firmicutes e Planctomycetes) che fungino (Ascomycota).

Questo lavoro è stato finanziato dall'Unione Europea - NextGenerationEU nell'ambito del National Innovation Ecosystem grant ECS00000041 - VITALITY promosso dal Ministero Italiano dell'Università e della Ricerca (MUR). Ringraziamo l'Università degli Studi di Perugia e il MUR per il supporto nell'ambito del progetto Vitality.

Modellizzazione della distribuzione dello stock di carbonio organico del suolo in funzione di diversi usi nell'Appennino centrale (Regione Molise)

Elettra Longobardi^{1*}, Alessio Manzo¹, Pasquale Napoletano¹, Erika Di Iorio¹, Gabriele Buttafuoco², Anna De Marco³, Sara Marinari⁴, Claudio Colombo¹.

¹*Dipartimento di Agricoltura, Ambiente e Alimenti, Università degli studi del Molise, Campobasso (CB), Italia.*

²*Consiglio Nazionale delle Ricerche (CNR) - Istituto per i Sistemi Agricoli e Forestali del Mediterraneo (ISAFOM) Sede secondaria di Rende (Cosenza), Italia.*

³*Dipartimento di Farmacia, Università degli Studi di Napoli Federico II, Napoli (NA), Italia.*

⁴*Dipartimento di DIBAF- per la Innovazione nei Sistemi Biologici, Agroalimentari e Forestali, Università degli Studi della Tuscia, Viterbo (VT), Italia.*

***Autore di riferimento:** Elettra Longobardi, e-mail elettra.longobardi91@gmail.com

I cambiamenti di carbonio nel suolo hanno un impatto diretto sul clima terrestre attraverso le emissioni di CO₂ e CH₄ e l'assorbimento di C rimosso dall'atmosfera durante la fotosintesi. Il carbonio contenuto nella sostanza organica del suolo (SOM), rappresenta una riserva fondamentale di carbonio della pedosfera che può contribuire a mitigare l'aumento della concentrazione di anidride carbonica nell'atmosfera. In questa ottica il presente lavoro si propone di modellizzare la distribuzione della SOM e di quantificare lo stock di carbonio nel suolo in un'area caratterizzata da diversi usi. Il database utilizzato è costituito da misure relative a campioni di suolo raccolti su tutto il territorio della regione Molise e provenienti da aree con uso del suolo differenti: pascoli, incolti, suoli agricoli, foreste di latifoglie ed aree ad uso urbano. I campioni analizzati fanno parte di un database di 202 profili campionati negli anni 1990-1994 che copre l'intero territorio regionale. Nel database sono stati selezionati 60 profili rappresentativi che sono stati campionati tra giugno e dicembre 2022 alle profondità di 0-20 cm e 20-40 cm. I dati di SOM sono stati analizzati mediante i metodi della geostatistica ed è stato definito un modello di variazione spaziale per la successiva interpolazione e calcolo dello stock di carbonio organico. Allo scopo di migliorare le stime, è stato utilizzato un approccio multivariato costituito dalla SOM alle due profondità (0-20 cm e 20-40 cm) e come variabile ausiliaria la quota sul livello medio del mare. Quest'ultima è una variabile correlata con la SOM di entrambe le profondità ed è disponibile esaustivamente nell'area di studio. La correlazione esistente tra la SOM alle due profondità ha permesso di compensare il sottocampionamento alla profondità 20-40 cm. Il modello di variazione spaziale ottenuto suggerisce l'esistenza di due scale spaziali di variazione. La quota è utile per la variazione a scala maggiore. Il modello ottenuto insieme ai dati di SOM e quota, è stato utilizzato per produrre le mappe di SOM alle due profondità e successivamente le mappe dello stock di carbonio del suolo alle due profondità considerate. Le mappe prodotte sono state analizzate in relazione alle diverse fasce di quota, della geologia, geomorfologia, vegetazione e uso del suolo. Infine, le stesse sono state analizzate in relazione alle condizioni meteo-climatiche del periodo 1980-2000 e con l'eventuale cambio di uso del suolo mediante l'utilizzo del livello 3 della Corine Land Cover (uso del suolo al 1990 e all'attualità).

Analisi speditiva della composizione dei fluidi di guttazione per la valutazione della disponibilità degli EPT in suoli contaminati: prime evidenze e prospettive.

C. Porfido^{1*}, I. Allegretta², C. E. Gattullo¹, R. Terzano¹, M. Garau³, M. V. Pinna³, M. Fagnano⁴, E. Margui⁵, M. Spagnuolo¹

¹*Dipartimento di Scienze del Suolo, della Pianta e degli Alimenti, Università degli Studi di Bari "Aldo Moro", Bari, Italia*

²*Dipartimento di Scienze e Tecnologie Biologiche ed Ambientali, Università del Salento, Lecce, Italia*

³*Dipartimento di Agraria, Università degli Studi di Sassari, Sassari, Italia*

⁴*Dipartimento di Agraria, Università degli studi di Napoli "Federico II", Portici, Italia*

⁵*Dipartimento di Chimica, Università di Girona, Girona, Spagna*

***Autore di riferimento:** Carlo Porfido, e-mail carlo.porfido@uniba.it

La gestione e la riqualificazione dei suoli nelle aree marginali è una tematica di urgente attualità, e richiede soluzioni innovative e sostenibili che prevedano approcci analitici alternativi possibilmente economici, speditivi, e poco impattanti. La guttazione è il processo di essudazione di fluidi xilematici attraverso gli idatodi delle foglie, in condizioni di elevata pressione radicale e limitata traspirazione. L'analisi elementare di tali fluidi può così consentire di valutare il trasporto di nutrienti ed elementi potenzialmente tossici (EPT) dal suolo alle parti aeree della pianta, senza doverla recidere. Tuttavia, la guttazione avviene in volumi molto esigui, nell'ordine dei microlitri, il che ne rende difficoltoso il campionamento come pure l'analisi elementare con tecniche convenzionali. A questo fine, la spettrometria di fluorescenza di raggi-X a riflessione totale (TXRF) può rappresentare invece una valida alternativa, necessitando di volumi estremamente ridotti di campione (1-10 µL). In questo studio è stata campionata acqua di guttazione da piante di loglio (*Lolium rigidum*), utilizzate per un esperimento di fitostabilizzazione di un suolo proveniente da un sito minerario contaminato da PTE (Pb, Cd, Zn, Sb), condotto in mesocosmi allestiti con il suolo tal quale, ammendato con PGPR, con biochar, e con entrambi. Per l'analisi dei fluidi è stata sviluppata una metodica basata sull'utilizzo della TXRF, che prevede come preparativa la semplice deposizione su supporti in quarzo di 10 µL di campione ed altrettanti di una soluzione standard di ittrio (Y) in concentrazione di 1000 µg L⁻¹. L'analisi TXRF dei fluidi di guttazione ha permesso di apprezzare variazioni nella concentrazione di Pb, Cd, Zn e di altri micro e macro nutrienti (Cu, K e Ca) in funzione del trattamento del suolo, con un trend generalmente comune a tutti gli elementi investigati. Infatti, le concentrazioni risultano significativamente ridotte nei mesocosmi ammendati con biochar, aumentano impiegando PGPR e assumono valori intermedi con entrambi i trattamenti. Inoltre, sono emerse correlazioni significative tra il contenuto di Pb, Zn e Cu dei fluidi ed i valori di bioaccumulo in radici e foglie delle stesse piante. Da queste prime evidenze, l'analisi dei fluidi di guttazione appare come un approccio promettente per lo studio della traslocazione suolo-pianta degli EPT in suoli contaminati, e conseguentemente per la valutazione della mobilità e biodisponibilità degli stessi. Inoltre, dato il carattere non-

Suolo, cambiamenti climatici e sviluppo sostenibile

distruttivo, questo approccio consentirebbe di svolgere campionamenti sulla stessa pianta nel tempo, e ad esempio monitorare una contaminazione del suolo o un processo di stabilizzazione, come nel caso del presente studio.

Ringraziamenti: AGRITECH - CUP: H93C22000440007

Effetto di stress nutrizionale e idrico sulla risposta di specie autoctone e alloctone in competizione nello stesso ecosistema forestale

Rolando M.^{1*}, Secchi F.¹, Said Pullicino D.¹, Bonifacio E.¹, Celi L.¹

¹*Department of Agricultural, Forest and Food Sciences, University of Turin, Italy*

***Autore di riferimento:** Morena Rolando, e-mail morena.rolando@unito.it

L'introduzione di specie alloctone può influenzare gli ecosistemi forestali, modificandone la biodiversità e il ciclo biogeochimico dei nutrienti. Le specie aliene in condizioni di stress nutrizionale manifestano una migliore efficienza d'uso delle risorse necessarie per il loro sviluppo, rendendole più competitive rispetto alle specie native. In Europa la specie nordamericana *Quercus rubra* L. (RO) ha invaso molte foreste di *Quercus robur* L. (EO), grazie alla sua adattabilità a condizioni di stress nutrizionale. Periodi di siccità potrebbero esacerbare la complessa interazione tra le due specie, soprattutto in suoli poco fertili. Al fine di comprendere l'effetto di stress combinati in una foresta di EO limitata in fosforo (P) e colonizzata da RO, è stata allestita una prova in vaso in cui le specie sono state trapiantate in un suolo a basso contenuto di P e sottoposte a stress idrico e nutrizionale, singolo o combinato. Le piante sono state in parte irrigate continuamente o soggette all'alternanza di brevi periodi di asciutta e irrigazione, con o senza l'aggiunta di azoto (N) e P. Periodicamente sono stati misurati gli scambi gassosi (conduttanza stomatica, assimilazione fogliare della CO₂, tasso di traspirazione), la composizione della soluzione del suolo e il contenuto di N e P nelle foglie. In carenza nutrizionale, la conduttanza stomatica (gs) di RO è tornata ai valori pre-stress idrico già due giorni dopo l'irrigazione, mentre EO ha impiegato più di sette giorni per raggiungere i valori osservati nelle piante non stressate. Con l'aggiunta di P, EO ha recuperato i valori di gs dopo due giorni dalla fine dell'asciutta, mentre RO ha impiegato sette giorni per raggiungere i valori pre-stress idrico. La capacità di recupero è stata ridotta in entrambe le specie dall'aggiunta di N, con o senza P. La gestione idrica non ha causato differenze significative nelle forme di N e P disponibili nella soluzione del suolo. In generale, maggiori contenuti di N e P sono stati osservati nelle foglie di EO rispetto a quelle di RO. Solo le foglie di EO stressate a cui è stato aggiunto P hanno un contenuto di P superiore rispetto a quelli dei sistemi forniti con N e P. Questi dati evidenziano un effetto combinato dello stress idrico e nutrizionale nel ridurre la resilienza delle specie autoctone rispetto a RO. L'aggiunta di solo P sembra essere un fattore chiave per aumentare la resilienza di EO alla siccità, probabilmente per le implicazioni che l'elemento ha nei processi fotosintetici.

POSTER

**Impatto della gestione forestale sulla capacità di stoccaggio del C
in diverse frazioni della sostanza organica del suolo**

Lorenzo Camponi*, Valeria Cardelli, Dominique Serrani, Andrea Salvucci,
Giuseppe Corti, Stefania Cocco

***Autore di riferimento:** Lorenzo Camponi, e-mail l.camponi@pm.univpm.it

I suoli attraverso le loro proprietà fisico-chimiche regolano i cicli biogeochimici degli elementi, sostengono la vita e favoriscono la formazione di catene trofiche che forniscono nutrienti agli ecosistemi. Oggi, il crescente interesse per le dinamiche dei cambiamenti climatici e per il ruolo del ciclo del carbonio in questo processo, rende il suolo un importante oggetto di studio per la sua capacità di immagazzinare C. Partendo dagli apporti di sostanza organica provenienti dalla componente vegetale, attraverso l'attività biologica della pedofauna e dei microrganismi, il carbonio organico assume una forma sempre più recalcitrante permettendo al suolo di costituire un serbatoio di C stabile e poco reattivo. Negli ultimi due secoli in Europa l'incremento dell'attività produttiva dell'uomo ha favorito uno sfruttamento intenso delle foreste che spesso hanno subito un cambio di gestione radicale passando ad esempio a seminativi. In questo contesto storico, in particolare nel bacino del Mediterraneo, il castagno (*Castanea sativa* Mill.) ha rappresentato un anello di congiunzione tra le diverse necessità produttive, soddisfacendo sia le esigenze nutrizionali che manifatturiere energetiche delle popolazioni locali. Il presente lavoro si concentra sul monitoraggio biennale della variazione dello stock di C organico nella lettiera, nel suolo minerale entro 30 cm e in tre frazioni della sostanza organica (SOM), in una selva castanile nella collina interna marchigiana, sottoposta a tre pratiche di gestione: castagneto naturaliforme, castagneto in conversione a marroneto e marroneto a produzione secolare. Durante ogni campagna di campionamento annuale sono stati aperti tre profili di suolo, considerati repliche rappresentative di aree omogenee per vegetazione, gestione e topografia. Per ciascun orizzonte genetico è stata valutata la densità apparente, eseguito il frazionamento densitometrico della SOM e la misurazione del contenuto di carbonio organico totale (TOC) per ciascuna frazione. È stato poi calcolato lo stock di TOC cumulativo fino ad una profondità di 30 cm prendendo in considerazione anche il contributo dello scheletro. L'attività di monitoraggio rivela una stretta connessione tra caratteristiche del sito, cenosi forestale, proprietà del suolo e gestione, in particolare: i) i quantitativi di TOC sembrano essere influenzati sia dalle caratteristiche di ciascun sito che dalla gestione; ii) le differenze nei contenuti di WEOC e MAOC tra i plot potrebbero essere attribuite alla loro variabilità spazio-temporale; iii) la variazione dello stock di C organico totale e frazionato rivela differenze che potrebbero essere attribuite a caratteristiche sitospecifiche che necessitano di essere indagate più approfonditamente.

ATTIVITÀ BIOLOGICA DI SUOLI RIFORESTATI IN AMBIENTE PROGLACIALE, ISLANDA

Valeria Cardelli*, Dominique Serrani, Andrea Salvucci, Lorenzo Camponi,
Giuseppe Corti, Sara Marinari, Rosita Marabottini, Stefania Cocco

***Autore di riferimento:** Valeria Cardelli, e-mail v.cardelli@univpm.it

L'Islanda, da un punto di vista pedologico, è un'isola estremamente dinamica dove il clima freddo ed eventi naturali estremi, come l'erosione eolica e le frequenti eruzioni vulcaniche, influenzano notevolmente i processi pedogenetici. La scarsità di superfici vegetate, conseguenza di un'errata gestione del territorio nei secoli passati, ha favorito i processi degradativi del suolo tanto che le agenzie statali come la Soil Conservation Service of Iceland e la Iceland Forest Service hanno avviato, negli ultimi decenni, opere di ripristino forestale nelle aree più vulnerabili dell'isola. Tuttavia, indagini pregresse sulla caratterizzazione dei suoli campionati lungo un transetto a differenti età di rimboschimento (avvenute nel 1982, 1999 e 2012) non hanno evidenziato differenze nel grado di pedogenizzazione, motivo per cui i suoli sono risultati essere uniformi e relativamente "giovani" per caratteristiche fisiche, chimiche e mineralogiche. Il presente lavoro si pone l'obiettivo di approfondire la conoscenza dei fenomeni pedogenetici di questi suoli soggetti a riforestazione in ambienti proglaciale, prendendo in esame l'aspetto biologico tramite lo studio della potenzialità enzimatica e dell'analisi degli acidi grassi (EL-FAMES). I risultati hanno mostrato una omogeneità nella distribuzione delle comunità microbiche che non varia significativamente con le differenti età del soprassuolo. Tuttavia, è possibile notare un trend che indica un'evoluzione delle comunità microbiche lungo il transetto vegetazionale. Dall'analisi del Synthetic Enzymatic Index (SEI), l'area riforestata nel 2012 presenta una maggiore potenzialità enzimatica negli orizzonti superficiali del suolo, mentre l'area riforestata nel 1985 presenta numerose comunità microbiche anche negli orizzonti più profondi, con un aumento della biomassa batterica e fungina totale, indice di una maggiore stabilità dell'ecosistema. Tali osservazioni, unite alle pregresse conoscenze sulle caratteristiche morfologiche, chimiche, fisiche e mineralogiche di questi suoli, confermano che, nonostante la successione ecologica decennale, per il ripristino di ambienti degradati sottoposti a fenomeni estremi che ne rallentano l'evoluzione pedologica, siano necessari secoli e non decine di anni.

Emissioni di metano dalle risaie italiane: modelli empirici per lo sviluppo di fattori emissivi da dataset locali per la stima delle emissioni

Crosetto L. *, Moretti B., Celi L., Said-Pullicino D.

***Autore di riferimento:** Lucia Crosetto, e-mail lucia.crosetto@unito.it

La risicoltura è una delle maggiori fonti antropiche di produzione di metano (CH₄), tanto da incidere per il 10% sul totale delle emissioni derivanti dall'agricoltura. Ne consegue la necessità di elaborare inventari emissivi (basati su stime) sempre più accurati a scala crescente, tali da valutare l'effetto dell'implementazione di tecniche agronomiche innovative in termini di gestione dell'acqua, dei residui colturali e delle concimazioni per la mitigazione delle emissioni di metano. Ad oggi, la quantificazione delle emissioni di metano si basa su misure in campo spesso dispendiose e difficilmente applicabili su larga scala oppure sull'utilizzo di complessi modelli biogeochimici (ez. DNDC-Rice) che richiedono dati difficili da reperire. Di contro, le metodologie utilizzate per derivare le stime degli inventari nazionali, che fanno uso di fattori emissivi, richiedono meno dati che spesso non tengono conto dell'elevata variabilità dei fattori che determinano le emissioni di metano e quindi soffrono di un'elevata incertezza (es. IPCC Tier 1). L'obiettivo di questo studio è di utilizzare modelli empirici per la definizione di fattori emissivi utili a stimare le emissioni di metano in funzione delle pratiche colturali adottate nell'areale risicolo italiano nonché delle proprietà dei suoli che incidono maggiormente sulle emissioni di metano, utilizzando dati facilmente reperibili. Per questo scopo è stato creato un dataset composto da dati di emissioni di CH₄ monitorati in campi di riso (variabile dipendente), pratiche di gestione delle acque prima del ciclo colturale, durante la semina e durante il ciclo colturale, gestione dei residui colturali, fertilizzazioni e dati pedoclimatici (variabili indipendenti). I dati, relativi a sperimentazioni condotte in risaie di ambienti temperati, sono stati raccolti attraverso una metanalisi. L'influenza delle variabili indipendenti sulle emissioni di metano e le loro interazioni verranno poi valutate con un modello regressivo. Dai risultati del modello verranno poi sviluppati dei fattori emissivi sito-specifici per la stima delle emissioni. Il modello sarà poi validato con i dati acquisiti a scala aziendale per verificarne l'accuratezza. La presente ricerca consentirà non solo una migliore stima delle emissioni di metano ma permetterà anche di aggiornare il metodo attuale di calcolo degli inventari nazionali, arrivando a comprendere il potenziale impatto dei cambiamenti gestionali sulle emissioni di gas serra dalle risaie. Contribuirà inoltre a migliorare le politiche di mitigazione dei cambiamenti climatici, così da ridurre in maniera sinergica le emissioni di metano dalle risaie. Questo studio è stato realizzato nell'ambito del Centro Nazionale Agritech, finanziato dal PNRR.

**Dinamiche e stabilità del carbonio organico in due suoli coevi lungo una
climosequenza caldo-temperata del Nord Italia**

Giorgio Galluzzi^{1*}, César Plaza², Simone Priori³, Beatrice Giannetta¹, Claudio Zaccone¹

¹*Dipartimento di Biotecnologie, Università di Verona, Verona, Italia*

²*Instituto de Ciencias Agraria, Consejo Superior de Investigaciones Científicas, Madrid, Spagna*

³*Dipartimento di Scienze Agrarie e forestali, Università della Tuscia, Viterbo, Italia*

***Autore di riferimento:** Giorgio Galluzzi, e-mail giorgio.galluzzi@univr.it

Due siti lungo una climosequenza caldo-temperata sono stati selezionati all'interno di altrettante cronosequenze al fine di studiare i meccanismi di stoccaggio e stabilizzazione del carbonio organico (OC) in funzione del clima, ma a parità di età (8-11 ky) ed utilizzo del suolo (prato). Il primo sito, ADIQ3, è un terrazzo fluviale, ubicato a Santa Lucia (VR) in Veneto, a 15 m al di sopra dell'attuale livello del fiume Adige, mentre il secondo, LEDQ3, è un terrazzo fluvio-glaciale situato in Ledro (TN), in Trentino Alto-Adige, a 620 m s.l.m. LEDQ3 è caratterizzato da una maggiore piovosità media annua e da una temperatura media annua inferiore rispetto ad ADIQ3, contraddistinto invece da un clima più secco. I rispettivi suoli sono stati campionati (1 profilo e 2 carote) per orizzonte e sub-campionati per profondità (5 cm), e caratterizzati per pH, EC, OC, N totale, mineralogia e contenuto in elementi totali ed estraibili. È stata determinata la respirazione cumulativa (RHCUM) e la biomassa microbica attraverso incubazione e fumigazione. La sostanza organica sia particolata (POM) che associata ai minerali (MAOM) è stata isolata e caratterizzata mediante analisi elementare (CHNS) e termica (TG-DSC). LEDQ3 presenta una concentrazione di OC nei primi 30 cm circa 3 volte superiore rispetto ad ADIQ3. In particolare, LEDQ3 stocca quasi il doppio di OC rispetto ad ADIQ3 sia nel topsoil (0-15 cm; 87 vs. 51 Mg C/ha, rispettivamente) che tra 0 e 30 cm (138 vs. 77 Mg C/ha). Il contributo della POM è predominante soprattutto nel topsoil, mentre quello della MAOM aumenta con la profondità in entrambi i siti. In particolare, il rapporto tra OC nella MAOM e quello nella POM nel topsoil è pari a 0.9 ± 0.3 in LEDQ3 e a 3.3 ± 1.4 in ADIQ3. Gli indici termici (i.e., WL400-550/200-400, TG-T50) mostrano un chiaro aumento della stabilità con la profondità in ADIQ3 ma non in LEDQ3. Inoltre, a fine incubazione, e considerando i primi 30 cm di profondità, LEDQ3 presenta una RHCUM circa 3 volte superiore rispetto a quella di ADIQ3 (3.7 e 1.2 mg CO₂ -C/g s u o l o , rispettivamente). I risultati ottenuti suggeriscono un ruolo differente della POM e MAOM nello stoccaggio di OC in funzione del clima, poiché a parità di età ed uso del suolo, un clima più umido favorisce l'accumulo di maggiori quantità di carbonio caratterizzate però da una minore stabilità.

Influence of agrophotovoltaic system on soil quality parameters

Maria Ianiri^{1*}, Enrica Allevato², Valentina Quintarelli¹, Gian Marco Salani¹, Silvia Rita Stazi^{1*}

¹*Department of Chemical, Pharmaceutical and Agricultural Sciences (DOCPAS),
University of Ferrara, Ferrara, Italy*

²*Department of Environmental and Prevention Science (DiSAP), University of Ferrara, Ferrara, Italy*

***Autore di riferimento:** Maria Ianiri, e-mail maria.ianiri@edu.unife.it

keywords: agrophotovoltaic, soil quality, sustainable agriculture

The expansion of renewable energy aims to meet global energy demand by replacing fossil fuels. However, it requires the use of large areas of land. At the same time, food security is threatened by the impacts of climate change and a growing world population. This has led to increasing competition for limited land resources. In this context, the combination of photovoltaics and agricultural crops, referred to as an agrophotovoltaic (APV) or agrivoltaic system, has been suggested as an opportunity for the synergistic combination of renewable energy and food production. Although this technology has already been applied in various projects, its use and impact on agricultural production are still completely assessed. The novelty is to investigate the effect on soil quality and health by applying this new technology. Soil is of invaluable value and is the basis of human livelihood. When we study a crop, often we focus on production and final yields, but it is needful to put the soil in the optimal condition to provide those services. Learning how to manage soil so as to improve its functions is one of the goals of soil health research. In this regard, the present work aims to investigate the influence on soil quality of photovoltaic panels covering agricultural cultivation; therefore, the effect of the APV system on the soil physical, chemical and biological properties has been evaluated, with respect to open field and greenhouse cultivation. The study was conducted in a southern Italy area, where three different managements were available: a cedar cultivation in open field, a cedar cultivation in greenhouse, and the last one was a cedar cultivation in APV system. Our results attested that the application of the panels mainly influenced biological properties, with greater incidence on microbial respiration. In fact, the preliminary results regarding microbial respiration show significantly higher activity in the cedar field with photoculture than open field and greenhouses.

Applicazione combinata delle tecniche EUF e NMR allo studio della sostanza organica del suolo.

Lamberti P.* , Russo L., Grilli E., Maietta F., Schiavone M., Coppola E.

DiSTABiF, Dipartimento di Scienze e Tecnologie Ambientali, Biologiche e Farmaceutiche,
Università degli Studi della Campania “Luigi Vanvitelli”, Caserta

***Autore di riferimento:** Pierferdinando Lamberti, e-mail pierferdinando.lamberti@unicampania.it

Le sostanze umiche possono costituire dal 60 al 90% della sostanza organica del suolo (SOM) e contribuiscono a numerose proprietà e funzioni del suolo. La quantità, la qualità e la distribuzione differenziale delle sostanze umiche, in stretta relazione con i fattori bioclimatici, è una delle espressioni del processo pedogenetico. La combinazione di complessità molecolare e pronunciata reattività chimica con formazione di complessi organo minerali rende difficoltosi gli studi sul comportamento delle sostanze umiche durante la pedogenesi. Nel presente studio è stato testato l'impiego combinato dell'elettro-ultrafiltrazione (EUF) e della spettroscopia di risonanza magnetica nucleare (Nuclear Magnetic Resonance – NMR) in fase liquida per un'indagine sulla distribuzione della SOM, con particolare riferimento alle sostanze umo-simili, lungo il profilo di un Humic Haplustand (con orizzontazione O, A, AE, Bh, Bw, BC, 2R) localizzato a Bagnoli Irpino (AV). Per valutare la fattibilità della tecnica combinata proposta, il carbonio umico e fulvico dei diversi orizzonti del profilo è stato anche estratto e quantificato in accordo con il protocollo convenzionale di analisi quali-quantitativa basato sull'estrazione con soluzione di sodio pirofosfato, separazione delle frazioni solubili su colonna cromatografica e successiva determinazione del carbonio organico per ossidazione per via umida. La tecnica EUF, grazie alla combinazione dell'ultrafiltrazione e dell'elettrodialisi, è caratterizzata da un'elevata efficienza estrattiva di ioni, molecole inorganiche e organiche, anche complesse, da sospensioni solido/liquido. Inoltre le soluzioni acquose ottenute in EUF non richiedono ulteriori procedure di purificazione per le successive indagini quali-qualitative, riducendo così la creazione di artefatti. Per l'individuazione e successiva distinzione degli acidi umici e fulvici negli estratti è stato effettuato un esperimento NMR bidimensionale di coerenza eteronucleare a singolo quanto (Heteronuclear Single Quantum Coherence - HSQC) per le correlazioni ^1H - ^{13}C . I rapporti quantitativi tra acidi umici e fulvici negli estratti EUF sono risultati essere del tutto simili a quelli determinati negli estratti ottenuti con tecniche di estrazione chimica convenzionali. Questi risultati preliminari confermano sia la validità della tecnica estrattiva, dimostratasi in grado di ottenere quantità apprezzabili di sostanze umiche in fase liquida in assenza di interferenti, sia l'efficacia dell'analisi NMR in fase liquida nello studio delle sostanze umo-simili

Stima del carbonio organico accumulato in suoli sommersi di ecosistemi lacustri in Albania

Adri Erebara³, Albert Kopali³, Erika Di Iorio¹, Alessio Manzo^{1*}, Elettra Longobardi¹, Pasquale Napoletano¹, Anna De Marco², Claudio Colombo¹

¹*University of Molise, Department of Agricultural, Environmental and Food Sciences, Via F. De Sanctis, 1, 86100 Campobasso CB, Italy*

²*Dipartimento di Farmacia, Università degli Studi di Napoli Federico II, Napoli, Italy*

³*Department of Environment and Natural Resources Agricultural University of Tirana, Tirana, Albania*

***Autore di riferimento:** Alessio Manzo, e-mail a.manzo4@studenti.unimol.it

La composizione della sostanza organica del suolo (SOM) è importante per comprendere i meccanismi di accumulo e di trasformazione del carbonio in relazione alla capacità di sequestrare CO₂ atmosferica. Questo studio è stato condotto in un particolare ecosistema costiero caratterizzato da suoli sommersi in una laguna salmastra in località Kune Vain (Albania). Lo studio è stato effettuato su circa 22 carote eseguendo il frazionamento del carbonio ed utilizzando la spettroscopia Vis-NIR per la valutazione della SOM. Lo scopo è stato quello di analizzare i pool di C organico e inorganico con l'utilizzo di diversi metodi di analisi: ignizione ad alta temperatura e analisi dei gas con l'analizzatore CNS (TOCCHN), perdita di peso per ignizione del carbonio totale (TOC) e organico (LOI) e procedure di ossidazione per via umida (TOCWB). Questa differenziazione nei metodi di determinazione del carbonio ha permesso di identificare le forme di C organiche più stabili (recalcitranti) nel suolo da quelle più labili e maggiormente soggette a processi di mineralizzazione. Gli spettri Vis-NIR sono stati analizzati con diversi modelli (PLSR, SVC, RF) in calibrazione e validazione per la predizione delle frazioni di carbonio del suolo. Con l'utilizzo della tecnica LOI la SOM viene sovrastimata, a differenza dei risultati ottenuti con altre analisi quali OCCNS ed TOCWB che risultano, infatti, essere rispettivamente il 47% e il 38% rispetto alla SOC stimata con il LOI. Questo evidenzia che il fattore convenzionale di conversione LOI-to-SOC di 0,58 non è applicabile allo studio dei suoli sommersi. Le frazioni di C inorganiche hanno mostrato un andamento opposto rispetto a quelle organiche, con suoli sommersi che vanno da calcarei a completamente decarbonatati. L'applicazione della spettroscopia Vis-NIR ha permesso di ottenere risultati accurati nei modelli di regressione predittiva (PLSR) per le frazioni ottenute con OCCNS e TOCWB ma anche per i parametri legati alla salinità ed i carbonati. L'analisi della variabile importante in proiezione (VIP) evidenzia quali lunghezze d'onda del Vis hanno maggiormente contribuito alla predizione delle varie frazioni della SOM. Questa analisi mette in evidenza la necessità di approfondire il ciclo del carbonio e la sua evoluzione nei suoli sommersi al fine di valutare l'importanza di questi ecosistemi peculiari nella mitigazione dei cambiamenti climatici.

**Valutazione della diversità microbica del suolo di tre spiagge
dell'altopiano di Devon (Devon Island, Nunavut, Canada)**

Laura Maretto*, Stefania Cocco, Saptarathi Deb, Andrea Squartini, Giuseppe Concheri,
Piergiorgio Stevanato, Serenella Nardi, Giuseppe Corti

***Autore di riferimento:** Laura Maretto, e-mail laura.maretto.1@phd.unipd.it

La regione artica si contraddistingue per temperature rigide, un ecosistema unico e un microbiota del suolo peculiare. Quest'ultimo svolge un ruolo cruciale nel ciclo dei nutrienti, nella decomposizione della materia organica, nelle emissioni di gas serra e nel funzionamento generale dell'ecosistema. È fondamentale comprendere in modo completo i processi ecologici in questo ambiente in rapida evoluzione e minacciato dai cambiamenti climatici, aumentando le conoscenze sulle caratteristiche e le dinamiche del microbiota dei suoli artici. In questo studio, abbiamo confrontato i profili microbici di tre spiagge soggette ad incendi naturali, situate sull'isola di Devon (Nunavut, CA), al fine di esplorarne le somiglianze e le differenze. I campioni sono stati prelevati verticalmente dal solum al permafrost, da ciascuna spiaggia (AB1, AB2, AB3). Successivamente, il DNA microbico del suolo è stato isolato e sottoposto a sequenziamento del gene 16S rRNA. La quantificazione del DNA totale ha rivelato quantità comparabili di materiale genetico nelle tre spiagge (AB1 $\mu=2.99\pm 2.39 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$, AB2 $\mu=3.25\pm 3.21 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$, AB3 $\mu=2.57\pm 1.78 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$), indipendentemente dall'età dell'area investigata (AB1=6728 YBP, AB2=2362 YBP, AB3=8412 YBP). Il suolo superficiale ha mostrato un contenuto di DNA significativamente maggiore ($p<0.01$) ($\mu=4.83\pm 2.04 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$) rispetto agli strati profondi ($\mu=0.03\pm 0.01 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$) e al permafrost ($\mu=0.03\pm 0.01 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$). Riguardo alla ricchezza tassonomica, è interessante notare che la spiaggia AB1, temporalmente più vicina alla spiaggia AB3, mostra un numero significativamente maggiore ($p<0.01$) di taxa rispetto ad AB3. Tuttavia, la spiaggia AB1 non mostra una differenza significativa nella ricchezza in taxa rispetto alla spiaggia AB2. Nonostante la mancanza di differenze sostanziali a livello di diversità alpha, le nostre osservazioni indicano che la profondità rappresenta uno dei fattori chiave responsabili del clustering delle comunità microbiche, come evidenziato dalla significatività di PERMANOVA ($p<0.01$) ed ANOSIM ($R=0.5061$, $p<0.01$). Infine, l'analisi del core microbiome rivela che gli Actinobacteriota, i Proteobacteria e i Firmicutes sono i tre phyla predominanti, con abbondanze relative rispettivamente del 38%, 21% e 17%. In conclusione, (i) il DNA totale del suolo è una molecola relativamente stabile che può essere rilevata ed analizzata anche dopo un lungo periodo di tempo, (ii) un evento sconosciuto, verificatosi tra la formazione delle spiagge AB3 e AB1, ha portato ad un significativo aumento della ricchezza in taxa in AB1, (iii) la profondità del suolo esercita un'importante influenza sulla composizione ed il clustering delle comunità microbiche e (iv) l'analisi del core microbiome conferma che gli incendi, anche in un ambiente crioturbato, sembrano favorire la predominanza di Actinobacteriota, Proteobacteria e Firmicutes.

Il carbon farming come nuova opportunità per gli agricoltori: una rassegna delle iniziative di contabilizzazione del C del suolo attuate nei Paesi UE ed extra-UE.

Andrea Martelli*, Irene Criscuoli, Ilaria Falconi, Maria Valentina Lasorella, Francesco Galioto, Giovanni Dara Guccione, Filiberto Altobelli, and Guido Bonati

***Autore di riferimento:** Andrea Martelli, e-mail andrea.martelli@crea.gov.it

Il suolo è un sistema ecologico complesso. È una risorsa fragile, limitata e non rinnovabile. La consapevolezza del ruolo cruciale che il suolo ha per la sicurezza alimentare, la qualità idrica, la lotta al cambiamento climatico e la fornitura di diversi servizi ecosistemici si è notevolmente accresciuta negli ultimi anni. Tuttavia, il degrado del suolo è progredito in tutto il mondo in modo costante. Studi hanno dimostrato che circa il 33% dei suoli è fortemente degradato (FAO and ITPS, 2015). Fra le principali forme di degrado spicca l'erosione che colpisce più di un miliardo di ettari a livello globale e che in buona parte è dovuta ai cambiamenti nell'uso del suolo deforestazione e aumento delle coltivazioni. Oltre all'erosione e ai cambiamenti d'uso del suolo, la perdita annuale di 75 miliardi di tonnellate di suolo fertile (GSP, 2017) è causata da inquinamento, pratiche agronomiche non sostenibili e impermeabilizzazione dei terreni. In questo contesto, la perdita di carbonio organico del suolo (SOC) è un fenomeno diffuso e aumenterà in modo significativo con l'intensificazione dell'impatto dei cambiamenti climatici (Wang et al., 2022), con importanti conseguenze sulla fertilità dei suoli e la loro capacità di offrire altri servizi ecosistemici; motivi per il quale la protezione del carbonio organico del suolo è fondamentale. Alcune misure per promuovere il sequestro del carbonio nei suoli agricoli e forestali sono sostenute dai pilastri della Politica Agricola Comune (PAC). I crediti di carbonio, certificati scambiabili sul mercato del carbonio corrispondenti a 1 tCO₂eq, rappresentano un meccanismo finanziario ulteriore per incentivare le pratiche agricole a tutela del suolo (Carbon Farming). In questo studio, è stata condotta un'analisi critica delle iniziative di contabilizzazione del C del suolo per l'emissione di crediti di carbonio, attuate nei paesi dell'UE ed extra-UE, considerando diverse scale di applicazione, i metodi di monitoraggio del C e le potenziali barriere. A livello europeo, questo lavoro descrive lo stato della legislazione, casi di studio, progetti operativi rilevanti e le principali criticità insite nel Carbon Farming (schemi di pagamento e possibile sovrapposizione con altre forme di finanziamenti pubblici). A livello extra-UE sono stati riportati i casi studio internazionali di sistemi di contabilizzazione del carbonio di Australia, Alberta in Canada e Stati Uniti, per stimolare un confronto con l'attuale proposta di regolamento europeo (COM(2022) 672 final) ed eventualmente favorire l'attuazione nell'UE delle buone prassi osservate in territori extra-UE. Il risultato è una sintesi di raccomandazioni per le future politiche europee.

Frazionamento del carbonio in Tecnosuoli della città di New York (USA)

Pasquale Napoletano^{1,2*}, Claudio Colombo¹, Maha Deeb³, Sara Perl Egendorf⁴, Brooke Singer⁵, Zhongqi Cheng⁶, Erika Di Iorio¹, Anna De Marco⁷, Peter Groffman^{2,6,8}

¹*Dipartimento di Agricoltura, Ambiente e Alimenti, Università degli Studi del Molise, Campobasso, Italy*

²*Advanced Science Research Center at the Graduate Center, The City University of New York (CUNY), New York, NY, USA*

³*Microhumus, allée de Chantilly, Vandoeuvre-les-Nancy, France*

⁴*School of Integrative Plant Science, Cornell University, Ithaca, NY, USA*

⁵*Purchase College, State University of New York, Purchase, NY, USA*

⁶*Department of Earth and Environmental Sciences, CUNY, Brooklyn College, Brooklyn, NY, USA*

⁷*Dipartimento di Farmacia, Università degli Studi di Napoli Federico II, 80131 Napoli, Italy*

⁸*Cary Institute of Ecosystem Studies, 12545 Millbrook, NY, USA*

***Autore di riferimento:** Pasquale Napoletano, e-mail pasquale.napoletano@unimol.it

L'utilizzo di suoli ricostruiti per l'inverdimento urbano è una pratica molto diffusa per fronteggiare l'intensa attività di costruzione che ha indotto alterazioni negli ecosistemi delle città, influenzandone principalmente il microclima e le emissioni di gas a effetto serra. Il suolo è un sink di carbonio (C) capace di sequestrare e stabilizzare C atmosferico e sottoprodotti organici derivati dai principali processi metabolici della comunità edafica. In questo contesto, i suoli ricostruiti, noti come Tecnosuoli, svolgono una funzione importante nella fornitura di questi servizi ecosistemici che sottintendono il corretto funzionamento degli ecosistemi urbani. La determinazione delle diverse forme del C in suoli di nuova costruzione può essere un valido strumento per valutare la capacità dei Tecnosuoli di stoccare carbonio soprattutto in città in continua espansione quali New York (NY, USA), che soffre particolarmente dell'alterazione del microclima urbano in seguito alla costante cementificazione. Con questa finalità, la seguente ricerca si è focalizzata sul frazionamento del carbonio nelle sue componenti più stabili e labili, e di correlare questi risultati con le principali attività enzimatiche del suolo responsabili della stabilizzazione del C. Lo studio è durato 21 mesi e ha previsto l'allestimento di mesocosmi sperimentali (24 plots) con Tecnosuoli costituiti da 1/3 compost e 2/3 sabbia, soggetti a diversa copertura vegetale. I campionamenti sono stati effettuati a distanza di 5, 12, 15 e 21 mesi (Settembre, Aprile, Luglio e Gennaio rispettivamente) dall'allestimento dei plots. L'impiego della spettroscopia di riflettanza diffusa (DRS) nel range Vis-NIR ha permesso di valutare le diverse risposte dei suoli alle differenti coperture vegetali. I risultati mostrano valori di C

Suolo, cambiamenti climatici e sviluppo sostenibile

costanti nel tempo, indipendentemente dalle specie vegetali. A 12 e a 15 mesi, LOI e C/N evidenziano valori significativamente più alti dovuti all'attività radicale che induce cambiamenti della qualità della materia organica. Nel tempo questo si riflette in un aumento della frazione più stabile del C associato ai minerali e alla sabbia (MSOC) rispetto a quella più labile e particolata (POC). Le attività enzimatiche sembrano seguire la stagionalità dei campionamenti e le fasi vegetative delle colture trapiantate. In particolare, la deidrogenasi (DHA) si riduce quasi del 50% a fine sperimentazione come risposta all'aumento di MSOC. La DRS evidenzia cambiamenti nelle risposte spettrali dei suoli come effetto delle diverse coperture vegetali. In conclusione, i Tecnosuoli studiati hanno mostrato una buona capacità di stabilizzare il C dopo 21 mesi contribuendo allo stoccaggio a lungo termine che può essere eventualmente potenziato con un'opportuna copertura vegetale.

Stock di carbonio organico in diversi tipi e gestioni forestali, Monte San Vicino (AN), Italia

Dominique Serrani*, Valeria Cardelli, Andrea Salvucci, Lorenzo Camponi,
Giuseppe Corti, Stefania Cocco

***Autore di riferimento:** Dominique Serrani, e-mail dominique.serrani@outlook.it

Le azioni di controllo e riduzione delle emissioni di CO₂ e di altri gas serra stanno acquisendo sempre più importanza a livello nazionale ed internazionale, in linea con le globali politiche ambientali. L'UNFCCC ha posto come obiettivo il raggiungimento delle emissioni zero entro il 2030, mentre l'UE mira a raggiungere la neutralità carbonica entro il 2050. In quest'ottica gli ecosistemi terrestri assumono un ruolo fondamentale nella regolazione dei flussi di carbonio. La capacità di un ecosistema di stoccare carbonio, in particolare, dipende dalle componenti naturali e dall'attività antropica, in grado di alterarne i fattori e i processi. In ambito forestale, tanto il soprassuolo quanto il suolo sono componenti del sistema universalmente riconosciuti come veicoli di sequestro e stoccaggio di carbonio attraverso processi quali la fotosintesi, l'attività microbica, il turnover delle radici, la degradazione della sostanza organica, ecc. Il presente lavoro è focalizzato sulla misurazione dello stock di carbonio all'interno della riserva naturale del Monte Canfaieto e Monte San Vicino, nella regione Marche, su quattro tipi forestali (faggeta, querceto misto, cerreta e orno-ostrieto) sottoposti a differenti gestioni (ceduazione, conversione ad alto fusto e fustaia matura), prendendo in considerazione il contributo del soprassuolo, della lettiera, del suolo minerale e delle radici fino ad una profondità di 30 cm. I punti di indagine ricadono in particelle forestali con simile litologia ed esposizione, per una superficie totale di 1143 ha, nelle quali sono stati aperti, descritti e campionati profili di suolo, è stata campionata la lettiera e le radici, è stata stimata la % di scheletro e sono stati prelevati campioni di suolo minerale a volume noto per la determinazione della bulk density. I risultati ottenuti mostrano differenze nello stock di C della biomassa forestale, della lettiera e della biomassa radicale in funzione del tipo forestale e della gestione. Lo stock di C della frazione minerale del suolo risulta essere simile in tutte le particelle, a testimonianza del fatto che lo sfruttamento secolare della risorsa forestale da parte dell'uomo in questi territori ha avuto un impatto significativo sul suolo, influenzando le dinamiche di accumulo della sostanza organica. Tale studio ha permesso di avere una quantificazione complessiva dello stock di C nel suolo e nella biomassa vegetale in una delle più importanti aree forestali di interesse a livello regionale.

Un occhio dal cielo, ma con i piedi per terra: rilievi di suolo e remote sensing per quantificare la resistenza allo stress idrico in agricoltura

Martina Sinatra^{1*}, Giulia Sofia², Paolo Tarolli³, Claudio Zaccone¹

¹*Dipartimento di Biotecnologie, Università di Verona, Verona, Italia*

²*Consorzio di Bonifica di Il grado Lessinio-Euganeo-Berico, Cologna Veneta, Italia*

³*Dipartimento Territorio e Sistemi Agro-Forestali, Università degli Studi di Padova, Legnaro, Italia*

***Autore di riferimento:** Martina Sinatra, e-mail martina.sinatra@univr.it

Il monitoraggio delle colture durante periodi siccitosi è fondamentale per comprendere l'impatto della siccità sulla produzione alimentare e identificare pratiche di gestione idrica sostenibili, soprattutto alla luce dei futuri scenari di cambiamento climatico. Le informazioni ricavate da tecnologie di remote sensing (drone, satellite), integrate con la conoscenza dei parametri chimico-fisici del suolo, possono fornire un quadro complessivo sullo stato delle colture e sul comportamento dell'acqua nel sistema suolo-pianta. La presente ricerca, che vede attivamente coinvolti sia consorzi di bonifica che alcune realtà produttive del Nord Est, mira ad individuare le principali caratteristiche dei suoli che influenzano lo stato vegetativo e la produzione agricola di alcune colture rappresentative dell'area (mais, barbabietole, asparago) durante periodi di siccità. A tal fine, sono stati effettuati, in concomitanza di rilievi tramite drone multispettrale, dei campionamenti di suolo a due profondità (0-15 e 15-30 cm) per la determinazione di una serie di parametri tra cui umidità, densità, tessitura, porosità, pH, conducibilità elettrica, contenuto di carbonio totale ed organico (Corg), e micro-/macro-nutrienti (e.g., azoto totale -Ntot-, fosforo e ferro disponibile). Dallo studio del comportamento spettrale delle colture, sono state definite una serie di relazioni quantitative fra dati telerilevati e parametri del suolo, mediante indici basati sul rapporto tra le bande tipiche di assorbimento e riflessione. La ricerca ha individuato, per l'anno 2022, delle relazioni significative fra stato della vegetazione, contenuto di Corg, percentuale di limo+argilla, e Ntot. In particolare, colture in condizioni vegetative migliori corrispondevano ad un contributo relativo di Corg, limo+argilla e Ntot rispetto allo standardized vegetation index (SVI; descrive la probabilità che l'NDVI di un certo giorno si discosti da una condizione tipica calcolata su un ventennio) pari a 30-40-30, mentre colture in evidente stato di stress presentavano una proporzione pari a 20-60-20. L'analisi è stata poi ulteriormente validata su scala più ampia utilizzando per i suoli i dati LUCAS, e verificando lo stato della vegetazione mediante immagini satellitari Landsat e Sentinel 2. Il metodo proposto si basa quindi su un modello regressivo che richiede dati del suolo che generalmente sono in possesso degli agricoltori. Tale modello può essere utilizzato anche per comprendere le potenziali risposte delle diverse colture ai cambiamenti climatici, tenendo in considerazione l'effetto dovuto alla variazione dei parametri chimico-fisici del suolo (e.g., Corg). In conclusione, tale approccio consente di predisporre un'infrastruttura di informazioni che supporti a livello aziendale un uso efficiente dell'acqua e pratiche agronomiche che promuovano la resilienza delle colture.

**SUOLI SUBACQUEI E CONSIDERAZIONI PRELIMINARI SULLA FORMAZIONE OCCASIONALE DI
"FAIRY CIRCLES" NELLE SALINE DI COMACCHIO**

Stefano Cremonini¹, Arturo Fabiani², Chiara Ferronato², Roberta Pastorelli²,
Gilmo Vianello^{4*}, Livia Vittori Antisari⁵

¹*PAM Università degli Studi di Bologna;*

²*Centro di ricerca Agricoltura e Ambiente, CREA-AA Firenze;*

³*DG Agricoltura caccia e pesca, Regione Emilia-Romagna;*

⁴*Accademia Nazionale di Agricoltura;*

⁵*Dipartimento di Scienze e Tecnologie AgroAlimentari, Università di Bologna*

***Autore di riferimento:** Gilmo Vianello, e-mail gilmo.vianello@unibo.it

Le Saline di Comacchio (Provincia di Ferrara), oggi area protetta di oltre 600 ettari nel Parco del Delta del Po, conservano le strutture dell'ultima sistemazione di un impianto per la produzione di sale creato in età napoleonica e mantenuto in attività fino al 1984. A differenza delle aree limitrofe maggiormente a contatto con le acque marine dell'Adriatico, i suoli subacquei della salina sono caratterizzati da valori di conducibilità frequentemente >15 mS cm⁻¹, e da una significativa presenza di solfuri, condizioni che limitano la proliferazione di specie vegetali alofile e, conseguentemente, la deposizione di materiale organico sul fondo delle vasche storiche. In accordo con la Soil Taxonomy-USA i suoli rientrano nel sottogruppo dei Typic Sulfiwassent, nei casi di sommersione permanente, ed in quello degli Aeric Sulfiwassent nei casi di saltuario drenaggio di alcune vasche. Immagini satellitari primaverili-estive (GOOGLE-Earth) del 2014 e del 2020 hanno evidenziato la presenza di numerose micromorfologie a guisa di corone circolari entro le vasche salanti; fenomeno analogo sino ad ora segnalato soltanto in Cina, nelle paludi di Shanghai, a cui è stata attribuita la suggestiva denominazione di "fairy circles" e il cui studio è stato sviluppato mediante simulazioni teoriche. Nel caso delle saline di Comacchio i suoli campionati in corrispondenza dei "fairy circles" ed analizzati dal punto di vista chimico e microbiologico, inducono ad ipotizzare che la loro origine sia da attribuire a particolari e concomitanti condizioni endogene (emissioni gassose metanifere e a solfuri) ed esogene (climatiche, in particolare) tali da favorire la proliferazione di microalghe, cianobatteri ed altre colonie di batteri, tra cui quelli sulfurei che impartiscono alla corona una colorazione scura. Si è proceduto quindi a caratterizzare i microrganismi anaerobi negli orizzonti più profondi del profilo pedologico attraverso l'applicazione di tecniche molecolari quali la PCR-DGGE, per l'analisi della composizione delle comunità microbiche, e la real-time PCR, per la quantificazione dei gruppi microbici coinvolti nei processi di metanogenesi e riduzione dello zolfo. Utilizzando liners di plexiglass sono stati prelevati due colonne di suolo sommerso, rispettivamente nella parte centrale e nella corona periferica di un "fairy circle". Il DNA microbico totale è stato estratto da ciascuna colonna a tre diverse profondità, oltre alla pellicola biancastra superficiale. L'analisi PCR-DGGE ha rivelato che sia la posizione nel "fairy circle" sia la profondità del campione influiscono

Suolo, cambiamenti climatici e sviluppo sostenibile

significativamente su struttura e composizione delle comunità batteriche e archaea del suolo. In generale, la biomassa totale (calcolata in termini di mg di DNA estratto per g di suolo) e l'abbondanza di batteri e archaea (calcolata in termini di numero di copie del gene per rRNA 16S per g di suolo) diminuiscono significativamente con la profondità. Il gene *mcrA*, utilizzato come gene marker per quantificare il gruppo degli archaea metanogeni, mostra un picco nella pellicola biancastra presente sulla superficie del profilo periferico, mentre in base alla profondità mostra un andamento opposto nei due diversi profili di suolo. Similmente ai batteri totali anche i solforiduttori diminuiscono con la profondità. I solfobatteri e i metanogeni hanno esigenze nutritive simili e competono tra di loro per l'utilizzo di substrati quali H_2 , CO_2 e $CHCOO^-$. I risultati ottenuti suggeriscono quindi una dominanza dei metanogeni nello strato più superficiale del suolo e dei solforiduttori negli strati più profondi. In base a tali indicazioni parrebbe ipotizzabile una genesi dei "cerchi" legata a concentrazione progressiva nel tempo di metano batterico sviluppato nel primo orizzonte "organico", sepolto a 10-15 cm di profondità sotto il fondo delle vasche di salina: al raggiungimento della soglia di pressione necessaria per l'esfiltrazione verticale del gas, il piccolo serbatoio locale si decomprime originando la depressione anulare periferica al bulbo centrale costituente la cicatrice del condotto di fuoriuscita del gas e fluidi associati.

Il potenziale contributo dei suoli antartici alle emissioni di gas serra in atmosfera

Veronica Consoli¹, Livio Ruggiero², Alessandra Tondello³, Cesar Plaza⁴, Andrea Squartini³,
Alessandra Sciarra⁵, Fabio Florindo⁵, Claudio Zaccone^{1,5*}

¹*Dipartimento di Biotecnologie, Università di Verona, Verona, Italia*

²*Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale, Roma, Italia*

³*Dipartimento di Agronomia, Alimenti, Risorse naturali, Animali e Ambiente,
Università di Padova, Legnaro, Italia*

⁴*Instituto de Ciencias Agraria, Consejo Superior de Investigaciones Científicas, Madrid, Spagna*

⁵*Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, Roma, Italia*

***Autore di riferimento:** Claudio Zaccone, e-mail claudio.zaccone@univr.it

I recenti studi condotti sul permafrost nelle regioni sia artiche che antartiche hanno evidenziato come queste aree rappresentino tra i più grandi serbatoi naturali di carbonio presenti sul nostro pianeta. Il graduale ma costante scongelamento del permafrost previsto dai diversi scenari di cambiamento globale può risultare nel rilascio in atmosfera di una grande quantità di gas serra (CO₂ e CH₄) che, attualmente, non è contemplata negli studi sul clima. Il presente lavoro si inserisce all'interno del progetto SENECA (Source and impact of greenhouse gases in Antarctica) che mira a fornire una valutazione delle concentrazioni e delle emissioni di gas dal permafrost e/o derivanti dallo scongelamento degli strati superficiali del suolo. Ciò consentirebbe di avere una prima stima dell'emissione di CO₂ e CH₄ dall'emisfero polare meridionale. A differenza dei permafrost artici, quelli antartici sono definiti deserti freddi, essendo caratterizzati da una superficie non coperta dai ghiacci <1%, dall'assenza di piante vascolari e da concentrazioni di carbonio organico nel suolo estremamente basse. Recenti studi hanno però evidenziato notevoli (ed anomale) emissioni di gas serra anche in tali contesti. Contribuire a comprendere l'origine di tali emissioni, distinguendone l'eventuale contributo biologico (e.g., mineralizzazione della sostanza organica) da fattori di natura fisico-chimica (e.g., dissoluzione dei carbonati) e geogenici (i.e., deep brines), rappresenta il principale obiettivo del presente lavoro. Per rispondere a tale quesito, 66 campioni di suolo sono stati prelevati a diverse profondità da due valli (Taylor Valley e Wright Valley). Il contributo dei diversi pool di carbonio (particolato piuttosto che associato ai minerali) sarà inoltre stimato. I risultati ottenuti aiuteranno a meglio comprendere il contributo dei suoli antartici al cambiamento climatico, ma anche come quest'ultimo a sua volta potrebbe influenzare i pool di carbonio del suolo.

ISBN 978-88-940679-7-2



9 788894 067972