

Book of Abstracts

44° Congresso Nazionale SISS

Università degli Studi di Napoli Federico II

Dipartimento di Agraria

Reggia di Portici

11–12 Dicembre 2025

<https://convegnosiss2025.it/>

44° Congresso Nazionale SISS

**Società Italiana della Scienza del Suolo
(SISS)**

Book of Abstracts

Contents

Comitati	1
Comitato scientifico	1
Comitato organizzatore	2
Keynotes	3
“Ricerca e decisore politico: un rapporto difficile” — Claudio Ciavatta, Alma Mater Studiorum Università di Bologna	5
“Soil Monitoring and Resilience Law: la conoscenza scientifica per un’implementazione efficace” — Mirco Barbero, European Commission – DG Environment	5
Programma	7
Abstracts	11
12 dicembre 2025 – Orale I	13
Ricerca e decisore politico: un rapporto difficile	13
New Frontiers in Vis-NIR Spectroscopy for soil monitoring and pollution detection . .	15
Fast Field-Cycling NMR relaxometry as an emerging tool for process-scale soil characterization: implications for soil health and monitoring frameworks	17
Biodegradable mulching films as sustainable alternatives to polyethylene: effects on soil chemistry and crop quality of horticulture crops	19
Il ruolo della ricerca scientifica nel guidare le politiche di recupero di suoli urbani post-sigillamento: il caso del progetto REUSES	21

Turning waste into value: struvite and biochar synergy for soil fertility and crop nutrient uptake	22
Linking sustainable management to soil functions: physico-chemical and biological dynamics in a differentially managed wheat field	24
12 dicembre 2025 – Orale II	27
Soil Monitoring and Resilience Law: la conoscenza scientifica per un'implementazione efficace	27
Enhancing NDVI trajectory analysis to refine productivity metrics for the assessment of land degradation	28
Just Transition Fund per la riqualificazione di aree degradate e lo sviluppo di green value chains a Taranto: il progetto Filiere Verdi	30
The Soil Map of Italy on a scale of 1:100,000 delivering soil information for agricultural and political purposes	32
Suolo e risorsa idrica: da una gestione del territorio reattiva ad una proattiva	34
Digital soil mapping of Rieti plain using soil reflectance composite of multitemporal Sentinel-2 images and terrain attributes	35
Dal territorio al suolo: un tool (SDSS) per la promozione dell'ecoturismo e della consapevolezza sul suolo nel territorio rurale della Città Metropolitana di Napoli	37
12 dicembre 2025 – Poster I	39
Impatto del riscaldamento globale sui pool di carbonio organico del suolo e sulle rese colturali	39
Spettroscopia di riflettanza Vis-NIR: dalla caratterizzazione di suoli contaminati e degradati a nuove applicazioni nel monitoraggio ambientale	41
METROFOOD-IT: Integrated Methodologies for Authenticity, Traceability and Nutritional Quality of Agrifood Products	43
No-tillage under conservation agriculture enhances stable and labile soil organic carbon compared to minimum and conventional tillage in durum wheat systems under Mediterranean climate conditions	44
Process-Based Modelling of Soil Ecosystem Services under Future Climate Scenarios in Two Vineyard Soils	46

Mitigating nutrient losses from bio-derived fertilizers: the key role of soil properties . .	48
Soil health assessment in urban agricultural systems of Naples, Italy	50
Ruolo della WEOM nel destino ambientale di farmaci e pesticidi nei suoli contaminati	52
Microplastiche in campioni di suolo e biosolidi: valutazione quantitativa mediante spettroscopia NIR e approccio multivariato	54
Control of boscalid sorption and leaching by wood gasification biochar: implications for sustainable soil management	56
Contaminazione multi-metallo del suolo in mesocosmo: fingerprint metabolici del mais per il monitoraggio della salute del suolo	57
Dai processi del suolo agli indicatori per le politiche: integrare biodiversità, pratiche e strumenti digitali per la Soil Health (SOILRES)	58
Variations of nutrients in lemons and soils from two orchards in Sorrento Peninsula (Sorrento Lemon PGI area) and Sele Plain during fruit growth	59
Assessing innovative biodegradable mulching films using microarthropods	60
Eredità delle carbonaie: suoli ricchi di carbonio ma con inefficiente attività microbica	61
Acque contaminate da farmaci in agricoltura: impatti sulla qualità del suolo e strategie di mitigazione	63
Compost as biosorbent of organic xenobiotics in amended soil	65
Influence of temperature variation on soil microbial community dynamics after digestate amendment	67
Impiego di scarti agroindustriali e microrganismi benefici per la rigenerazione del suolo e il controllo di <i>Meloidogyne incognita</i>	68
Shifts in microbial CUE as a function of available organic C resources and electron acceptors under changing soil redox conditions	70
Optimizing fermentation strategies of <i>Trichoderma harzianum</i> using agro-industrial tomato by-product for sustainable soil bioinoculant production	72
Effects of <i>Trichoderma harzianum</i> and <i>Penicillium bilajii</i> treatment on enhancing tomato tolerance to salinity stress	74
Soil nutrient balance in natural and managed terrestrial ecosystems	76
Ecosistemi castanicoli del Lazio: valutazione del suolo e dinamiche del carbonio per la valorizzazione ambientale.	78

Digestato e stress climatici: effetti sulla dinamica del carbonio e sulla resa colturale nei suoli di risaia	80
Enhancing soil quality and ecosystem services by introducing multifunctional land use management in a semiarid pastoral system in Portugal.	82
From soil data to policy: SQI thresholds as a tool for sustainable land management in Manouba province (northeast Tunisia)	84
Changes on the molecular composition of biochar affected by source and temperature regulate crop productivity.	85
Characterization of possible organic soil improver obtained from zootechnical waste . .	87
Characterisation of alternative growing media: reducing peat content with secondary raw materials in Nitrate Vulnerable Zones in Campania (Italy)	88
Digestate and its aerobic derivatives compost and vermicompost as biosorbents of endocrine disrupting chemicals for healthy soil and safe food	89
Confronto tra indicatori convenzionali e non convenzionali per il monitoraggio della salute del suolo nella regione mediterranea	91
Risposta del sistema suolo-pianta al trattamento con acqua ozonizzata in presenza del Tomato Brown Rugose Fruit Virus	93
Pedogenesis and salinization dynamics of gypsiferous soils in the Chott el Djerid (Southern Tunisia): role of infrared spectroscopy	95
Un manuale aggiornato dei metodi di analisi biologica del suolo	97
CO ₂ emissions from soils treated with bioplastics at different moisture conditions . . .	99
Agroecological transition of tobacco cropping systems through combining cover crops, compost, and reduced tillage in Mediterranean environment: responses of some soil health indicators	100
Towards reliable SDG 15.3.1 reporting: an enhanced NDVI approach to land productivity assessment in Italy	102
Fungal inoculation mitigates the impact of reclaimed wastewater contaminants on soil microbial activity. Preliminary results.	104
Tracing the origin of PDO tomatoes through isotopic fingerprinting	106
Applying Neospectra Scanner for rapid soil fertility assessment of soils in Doba area, Chad	107

Sustainable strategies for soil recovery: valorization of marine and quarry residues to enhance microbial biodiversity and ecological functionality	109
Calcolo di un indice sintetico di qualità del suolo di vigneti allevati a “tendone” per la produzione di uva da tavola	111
Applicazione di tecniche di biorimediao fito-assistito per la riqualificazione di un’area multi-contaminata del Sud Italia	112
Effects of a microbially enriched biochar on soil properties and lettuce plants grown in a microcosm soil contaminated with four organic compounds of increasing concern	114
Le torbiere degradate continuano a preservare parte dei cambiamenti ambientali avvenuti nei secoli: il caso della torbiera di Fiavè	116
Tracciabilità e qualità in diversi regimi agricoli e localizzazioni geografiche di varietà autoctone e commerciali di peperone	118
Physico-chemical and biological properties of soils in organically managed farms in Rovigo Province	119
Pyrolysis-GC/MS: an innovative approach for assessing carbon stabilization in chestnut forest soils	120
Modelling approach towards an integrated human, animal and ecosystems risk assessment of pesticides	121
Indici pedogenetici e proprietà chimico-fisiche dei suoli quali strumenti per l’identificazione di discontinuità pedologiche, che si configurano come potenziali superfici di rottura-scivolamento nelle frane superficiali: evidenze da un bacino pilota in Calabria (Italia meridionale)	122
EPRIP-rice: Comparative Assessment of Paddy and Canal Soil under Three Distinct Irrigation Systems	124
12 dicembre 2025 – Poster II	125
Process-Based Modelling of Soil Ecosystem Service Bundles: A Novel Approach to Soil Health Evaluation	125
Armonizzazione delle Unità Tipologiche di Suolo tra Regioni Amministrative: un caso di studio dalla Toscana e dal Lazio, Italia	127
iCOSHELLs: Innovazione e cooperazione per il ripristino della salute del suolo in Europa.	129

Technosols from urban waste: a circular approach for sustainable urban development .	131
The SOUL Project: Bio-based in Soil applications with Optimal biodegradation in their Ultimate Life	132
Gestione del suolo e riscaldamento globale in vigneto: impronta carbonica e valutazione socio-economica	134
Integrated geomorphological, pedological and geophysical analyses to better understand the morphodynamic features of shallow landslides: a case study from Calabria, Southern Italy.	135
Progettazione e realizzazione di un Sistema Informativo dei Suoli per migliorare l'accessibilità e implementare un modello di gestione dei dati di tipo federato a livello Mediterraneo	136
Il progetto Horizon EU BENCHMARKS nel contesto dell'analisi dei suoli urbani . . .	137
Effetti della gestione forestale sulla qualità del suolo nei boschi cedui di faggio del Comune di Boschetto.	139
Assessing Land Degradation and Groundwater Vulnerability with the Landsupport DSS Tools: local applications within the SOILS4MED project	141
Pedogenesis of volcanic soils in pasture ecosystems of the Central Apennine Mountains, Molise Region, Italy	143
Ricerca e strumenti digitali per la governance sostenibile del suolo in Sardegna: l'approccio del Progetto CUT2	145
Verso la costruzione di un database dei suoli della regione mediterranea: approcci e fasi iniziali	147
Indagine Forense Integrata e Multiscala sul Suolo: Applicazione a un Caso di Omicidio in Campania	148
Valutazione del rischio sanitario per l'esposizione al mercurio causata dall'assunzione di prodotti agricoli ottenuti da suoli contaminati	149
Suoli, pedodiversità e servizi ecosistemici nell'Appennino Settentrionale: strumenti di machine learning per conoscere e gestire un territorio fragile	150
Linking soil properties to modelled water regulation ecosystem services across contrasting pedoclimatic regions	151

Il sistema di monitoraggio del suolo SOILS4MED: un approccio volto a catturare la variabilità dei suoli e dei paesaggi della regione Mediterranea.	152
Authors Index	153
Keywords Index	159
Patrocinio	163
Sponsor	165



44° Congresso Nazionale della Società Italiana della Scienza del Suolo

La Ricerca sul Suolo per Supportare l'Implementazione delle Politiche

11 e 12 dicembre 2025

Sala Cinese del Dipartimento di Agraria

piazza Carlo di Borbone 1, Portici

Nonostante l'implementazione di politiche europee, nazionali e regionali mirate alla *sostenibilità nel settore agricolo e ambientale*, e i notevoli progressi nella ricerca sul suolo e sugli ecosistemi agrari e forestali (e.g. dall'omica all'agricoltura di precisione e all'IoT) assistiamo ancora, purtroppo a un continuo e preoccupante **degrado del suolo**. Questa situazione solleva interrogativi fondamentali sull'efficacia delle strategie attuali.

È quindi impellente una riflessione approfondita sul divario tra le conoscenze scientifiche acquisite e la loro effettiva applicazione sul campo. Dobbiamo chiederci quanto e come le nostre ricerche influenzino concretamente le **politiche di tutela e gestione sostenibile del suolo**. Questo congresso si propone di essere un forum per un dibattito multidisciplinare, mettendo a confronto ricercatori, professionisti e responsabili delle politiche ambientali per esplorare come la ricerca accademica possa tradursi in un impatto tangibile sulla gestione del suolo in contesti reali.

Siamo qui per valutare la nostra impronta, identificare le lacune e rafforzare **il ponte tra la scienza e l'azione**, per un futuro sostenibile per i nostri paesaggi ed i nostri suoli.

Comitati

Comitato scientifico

Claudio Zaccone
Livia Vittori Antisari
Giuseppe Corti
Daniel Said Pullicino
Maria A. Rao
Fabio Terribile
Beatrice Giannetta
Giuseppe Lo Papa
Simone Priori
Laura Giagnoni
Antonio Gelsomino
Daniela Pezzolla
Enrica Allevato
Ilaria Piccoli

Comitato organizzatore

Paola Adamo
Carmine Amalfitano
Angelo Basile
Antonello Bonfante
Antonio G. Caporale
Elio Coppola
Vincenza Cozzolino
Eleonora Grilli
Giuliano Langella
Piero Manna
Nada Mzid
Maria A. Rao
Filomena Sannino
Davide Savy
Riccardo Spaccini
Fabio Terribile
Simona Vingiani

Invited Plenary Lectures

Ricerca e decisore politico: un rapporto difficile

Claudio Ciavatta

Alma Mater Studiorum Università di Bologna

Soil Monitoring and Resilience Law: la conoscenza scientifica per un'implementazione efficace

Mirco Barbero

Soil Team of the Unit Land Use & Management, European Commission – DG Environment

Programma



44° Congresso Nazionale SISS

La Ricerca sul Suolo per Supportare l'Implementazione delle Politiche

11-12 Dicembre 2025

Sala Cinese – Dipartimento di Agraria, Portici

Nonostante l'implementazione di politiche europee, nazionali e regionali mirate alla sostenibilità nel settore agricolo e ambientale, e i notevoli progressi nella ricerca sul suolo e sugli ecosistemi agrari e forestali (e.g. dall'omica all'agricoltura di precisione e all'IoT) assistiamo ancora, purtroppo, a un continuo e preoccupante degrado del suolo. Questa situazione solleva interrogativi fondamentali sull'efficacia delle strategie attuali.

È quindi impellente una riflessione approfondita sul divario tra le conoscenze scientifiche acquisite e la loro effettiva applicazione sul campo. Dobbiamo chiederci quanto e come le nostre ricerche

influenzino concretamente le politiche di tutela e gestione sostenibile del suolo. Questo congresso si propone di essere un forum per un dibattito multidisciplinare, mettendo a confronto ricercatori, professionisti e responsabili delle politiche ambientali per esplorare come la ricerca accademica possa tradursi in un impatto tangibile sulla gestione del suolo in contesti reali.

11 Dicembre 2025

8:00–13:30 Escursione tecnica “Siti contaminati e riqualificati in provincia di Napoli”

A cura di Simona Vingiani e Antonio G. Caporale.

13:30 Registrazione e welcome coffee

14:30–15:00 Saluti istituzionali

15:00–17:00 Tavola rotonda “Impatto della Ricerca sulla Gestione del Suolo: Illusione o Realtà?”

Moderatore: Fabio Terribile

17:00–17:30 Coffee break

17:30–19:00 Assemblea Soci SISS

20:30 Cena sociale a Villa Signorini, Ercolano

12 Dicembre 2025

9:00–11:00 Prima Sessione: Approcci Innovativi di Studio del Suolo alla Scala dei Processi e delle Proprietà per supportare l’Implementazione delle Politiche

Chair: Antonio Gelsomino, Daniela Pezzolla, Riccardo Spaccini

9:00–9:30 Keynote “*Ricerca e decisore politico: un rapporto difficile*”

Claudio Ciavatta, Alma Mater Studiorum Università di Bologna

11:00–11:30 Coffee break

11:30–13:00 Visione Poster

13:00–14:00 Pranzo

14:00–15:00 Visione Poster

15:00–17:00 Seconda Sessione: Approcci Innovativi e Dimensione Geospaziale del Suolo per supportare l’Implementazione delle Politiche

15:00–15:30 Keynote “*Soil Monitoring and Resilience Law: la conoscenza scientifica per un’implementazione efficace*”

Mirco Barbero, European Commission – DG Environment

17:00 Premiazione migliori poster e Chiusura lavori

Comitato Scientifico

Claudio Zaccone; Livia Vittori Antisari; Giuseppe Corti; Daniel Said Pullicino; Maria A. Rao; Fabio Terribile; Beatrice Giannetta; Giuseppe Lo Papa; Simone Priori; Laura Giagnoni; Antonio Gelsomino; Daniela Pezzolla; Enrica Allevato; Ilaria Piccoli.

Comitato Organizzatore

Paola Adamo; Carmine Amalfitano; Angelo Basile; Antonello Bonfante; Antonio G. Caporale; Elio Coppola; Vincenza Cozzolino; Eleonora Grilli; Giuliano Langella; Piero Manna; Nada Mzid; Maria A. Rao; Filomena Sannino; Davide Savy; Riccardo Spaccini; Fabio Terribile; Simona Vingiani.

Per informazioni: <https://convegnosiss2025.it/>

Abstracts

12 dicembre 2025 – Orale I

Ricerca e decisore politico: un rapporto difficile

C. Ciavatta

Alma Mater Studiorum – Università di Bologna, Dipartimento di Scienze e Tecnologie Agro-Alimentari

Corresponding author: claudio.ciavatta@unibo.it

La ricerca scientifica è un'attività investigativa condotta con il metodo scientifico per scoprire, interpretare e revisionare fatti, eventi e conoscenze con il fine di produrre una conoscenza controllabile e verificabile, quindi trasparente, e ripetibilità e riproducibilità dei risultati ne sono i pilastri. La ricerca parte dalla formulazione di ipotesi, quindi la sperimentazione, le osservazioni e l'analisi e interpretazione dei risultati costituiscono i passaggi per confermare o confutare l'ipotesi sperimentale. Pertanto, è il metodo galileiano a guidare la ricerca in qualsiasi ambito. Il decisore politico dovrebbe essere chiamato a prendere decisioni nei diversi campi, incluso il Suolo, a partire dai risultati che la ricerca scientifica ha prodotto in quel determinato ambito. La ricerca pertanto fornisce gli strumenti che il politico dovrebbe scegliere per procedere all'individuazione delle modalità di messa a terra attraverso atti normativi. Tutto chiaro e semplice, quindi? Nient'affatto, perché al decisore politico piace affermare che sarà il metodo galileiano a guidare le scelte, ma nella realtà questo difficilmente accadrà. Le ragioni sono molteplici, prima fra tutte la generale scarsa conoscenza del metodo scientifico che dall'analisi di problemi complessi non potranno che uscire soluzioni complesse. A noi cittadini che di norma siamo scarsamente preparati piacciono le soluzioni semplici, l'esatto contrario di quanto dovrebbe accadere. Al cittadino non piace sentire parlare di probabilità del verificarsi di un evento, ma di evento che si verificherà sì o no. Ad esempio, un caso molto frequente riguarda i contaminati. La scienza dice che se il contaminante è presente al di sotto della concentrazione che determina un rischio per la salute umana, gli animali o per l'ambiente non c'è motivo di preoccupazione. Il cittadino, invece, ritiene che la sola presenza del contaminante in un determinato organismo o comparto ambientale sia di per sé pericolosa, e che non dipenda dalla concentrazione. Addirittura, si arriva a chiedere di dichiarare al fornitore di beni l'assenza di un contaminante, inorganico od organico poco importa, all'interno di una matrice. Altri esempi potrebbero riguardare le modalità con le quali si fissano i limiti di concentrazione dei contaminanti nelle matrici, suolo compreso, e l'approccio con lo strumento analitico atto alla misura del parametro. Nella relazione saranno

forniti esempi e testimonianze che interessano direttamente o indirettamente l'ecosistema suolo che coinvolgono ricerca e decisore politico.

Keywords: Soil governance · Science–policy interface · Soil monitoring · Environmental decision–making

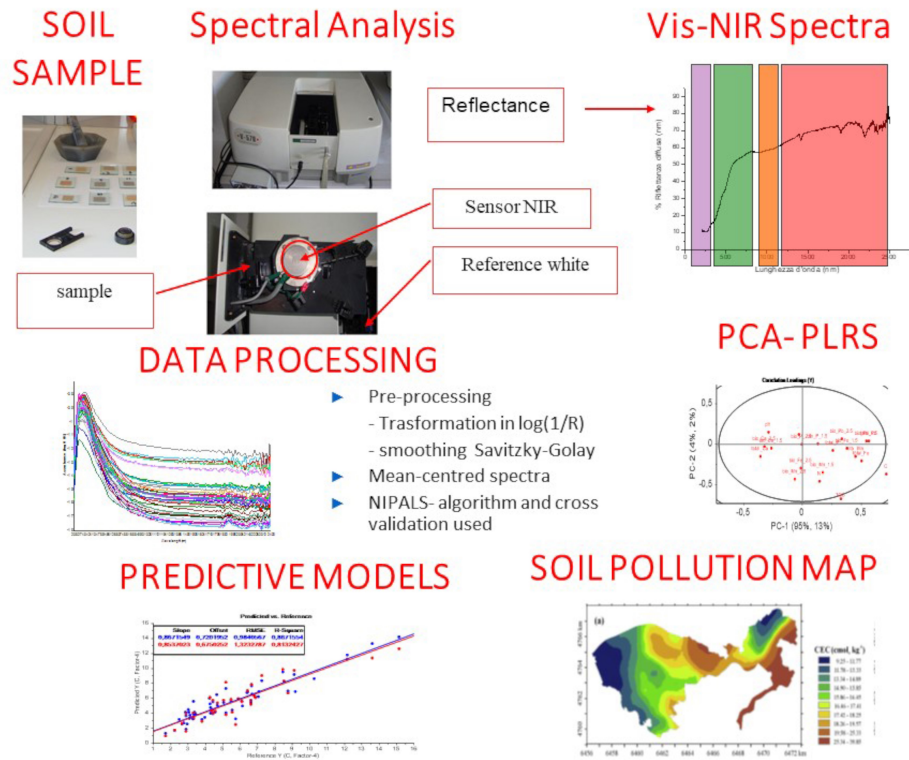
New Frontiers in Vis-NIR Spectroscopy for soil monitoring and pollution detection

Erika Di Iorio¹ · Claudio Colombo^{1,*}

¹ Department of Agriculture, Environmental and Food Sciences (DIAAA), University of Molise, 86100
Campobasso, Italy

* Corresponding author: colombo@unimol.it

Global soil contamination represents a critical environmental challenge, with heavy metals affecting 15–20% of agricultural and urban soils worldwide. These contaminants pose exceptional risks due to their persistence, bioaccumulation potential, and direct pathways into human food systems, creating cascading effects on public health and food security. The urgent need for rapid contamination assessment has driven significant advances in visible near-infrared (Vis–NIR) spectroscopy over the past two decades. However, despite growing interest in this non-destructive monitoring approach, the field lacks comprehensive understanding of research patterns, geographical contributions, and methodological developments that have shaped current knowledge. Recent advancements in soil spectroscopy have developed numerous chemometric approaches, such as PLSR and PCR, as effective tools for quantitatively estimating heavy metals in polluted soils. Laboratory reflectance spectroscopy allows for controlled measurement of soil spectra and accurate prediction of contamination, while field applications are challenged by natural interferences such as light, soil moisture, and vegetation cover. Key methodological advances involve robust pre-processing of spectra (e.g., Savitzky–Golay filter, orthogonal signal correction) to reduce noise and enhance model predictions. Although heavy metals often lack direct spectral features in the Vis–NIR (400–2500 nm), they can still be detected indirectly through interactions with soil components (clay and iron oxides), and in some cases directly for elements like lead. The technique has evolved from laboratory to large-scale field and remote sensing applications, supporting efficient soil contamination mapping. Chemometrics, together with machine learning methods, including support vector machines (SVM), random forest (RF), and neural network convolutions (NNC), enables modelling of complex spectral data and improves the accuracy of soil pollutant assessment. Development of standardized spectral soil libraries will support harmonized data processing, though challenges remain in model generalization due to soil heterogeneity. Vis–NIR spectroscopy offers rapid, cost-effective contamination assessment, but is sensitive to soil properties and requires careful calibration and validation to avoid overfitting and achieve reliable performance.



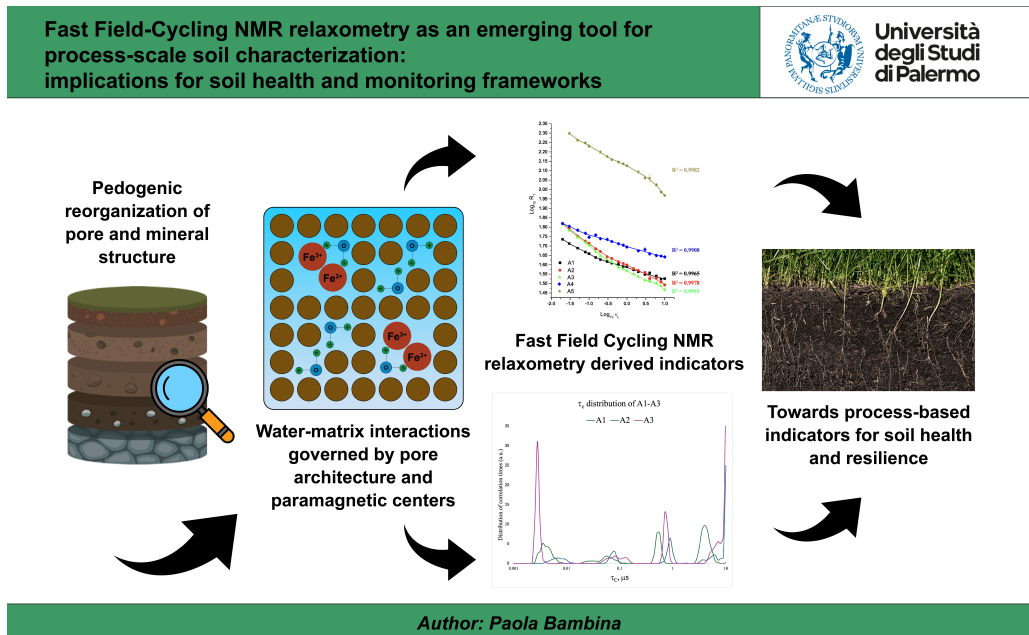
Keywords: Vis-NIR spectroscopy · Chemometric models · Soil pollution · Prediction models

Fast Field-Cycling NMR relaxometry as an emerging tool for process-scale soil characterization: implications for soil health and monitoring frameworks

Paola Bambina

Department of Agricultural, Food and Forest Sciences, University of Palermo, Viale delle Scienze, 13 90128 (PA),
Italy

Understanding how soil formation processes control microstructural and functional soil properties is essential to develop reliable indicators of soil health. In the context of the EU Soil Monitoring Law, the integration of advanced analytical methods capable of capturing process-scale information is increasingly relevant. This work explores the potential of Fast Field-Cycling Nuclear Magnetic Resonance (FFC-NMR) relaxometry as a diagnostic tool for quantifying microstructural heterogeneity and hydrological functionality in clay-rich soils. The approach is applied to a set of Moroccan clayey materials representing distinct pedogenetic trajectories, from carbonate accumulation to redox-driven reorganization. Nuclear magnetic relaxation dispersion (NMRD) profiles and correlation-time (τ_c) distributions reveal how pedogenetic processes leave measurable fingerprints in the dynamic behaviour of pore water. Two complementary indicators, the Structural and Functional Connectivity Indices (SCI, FCI), are introduced to describe micro-scale hydrological connectivity, capturing both the structural complexity of the pore network and the dynamic heterogeneity arising from water-matrix interactions. These parameters provide a direct, physically grounded measure of soil functional state, potentially applicable to soil health monitoring frameworks. Results demonstrate that FFC-NMR discriminates soils with contrasting pedogenetic histories and functional properties, highlighting its capability to bridge structural characterization and process-based functionality. This proof of concept shows that relaxometric signatures reflect key aspects of soil resilience and can contribute to the development of quantitative, transferable indicators for soil quality assessment. The proposed approach exemplifies how advanced NMR relaxometry can support the translation of pedological knowledge into policy-relevant tools for sustainable soil management and environmental monitoring.



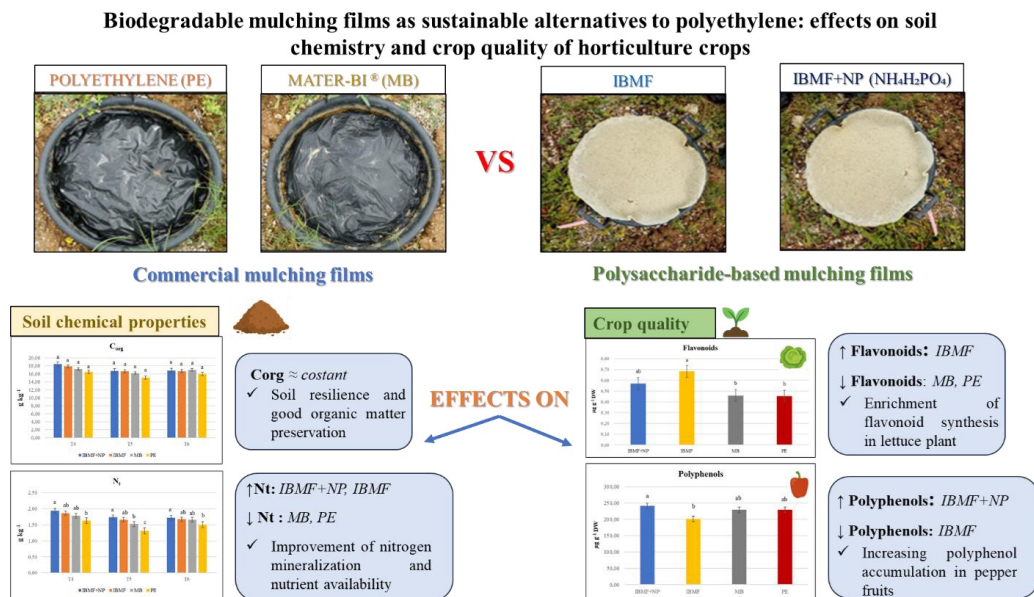
Keywords: FFC-NMR · Soil health · Pedogenesis · Functional indicators · Soil monitoring

Biodegradable mulching films as sustainable alternatives to polyethylene: effects on soil chemistry and crop quality of horticulture crops

Maria Teresa Rodino¹ · Rossana Sidari¹ · Maria Rosaria Panuccio¹ · Beatrix Petrovicova¹ ·
Antonio Gelsomino¹

¹ Mediterranean University of Reggio Calabria, Department of Agricultural Sciences, Feo di Vito, 89124, Reggio Calabria, Italy

Polyethylene (PE) films represent the most commonly used plastic mulches in intensive horticulture due to their durability, low cost, and efficiency in controlling soil temperature, moisture, and weed growth. However, the widespread use of PE films raises significant environmental concerns, as their persistence in soil contributes to plastic pollution and complicates sustainable agricultural practices, which have led to the development of biodegradable and bio-based alternatives. Biodegradable films can be incorporated into the soil after their use, reducing plastic wastes and constituting a temporary carbon source, potentially influencing soil nutrient cycles and, consequently, plant growth. Moreover, they can partially enhance soil nutrient dynamics through their decomposition, potentially modifying the availability of key elements for plant uptake. This study aimed to evaluate the effects of two types of an innovative polysaccharide-based mulching film compared to two commercially available mulch plastics (polyethylene and Mater-Bi®) on (i) soil chemical properties (pH, EC, Corg, Nt, CEC) and (ii) the qualitative traits of two succeeding horticultural crops, lettuce (*Lactuca sativa* L.) and pepper (*Capsicum annuum* L.), with particular reference to flavonoid and polyphenol contents. The results demonstrated that the use of biodegradable mulching films significantly influenced soil chemical dynamics. The decomposition of biodegradable films can actively interact with soil biochemical processes, potentially modifying nutrient cycling patterns due to different C/N ratios of the incorporated residues. Furthermore, the type of mulching material affected the accumulation of bioactive compounds in plants. In particular, variations in flavonoid and polyphenol concentrations indicate that biodegradable films may influence secondary metabolism, possibly through changes in soil-plant interactions and stress-related responses. In conclusion, the results suggest the agronomic and environmental potential of biodegradable mulching films as a sustainable alternative to polyethylene. Their use may contribute to reducing plastic waste while maintaining or even enhancing soil fertility and crop quality, supporting the transition toward more sustainable horticultural production systems.



Keywords: Mulching films · Polysaccharide-based materials · Soil fertility · Crop quality

Il ruolo della ricerca scientifica nel guidare le politiche di recupero di suoli urbani post-sigillamento: il caso del progetto REUSES

A. Salvucci¹ · V. Cardelli¹ · G. Giacomello^{2,3} · A. Bonetti² · S. Cocco¹ · M. Sgroi⁴ · N. Pampuro³ · L. P. D'Acqui² · S. Di Lonardo^{2,5}

¹ Dipartimento di Scienze Agrarie, Alimentari ed Ambientali, Università Politecnica delle Marche (UNIVPM), Via Brecce Bianche 10, 60131 Ancona

² Istituto di Ricerca sugli Ecosistemi Terrestri (IRET), Consiglio Nazionale delle Ricerche (CNR), Via Madonna del Piano 10, 50019 Sesto Fiorentino

³ Istituto di Scienze e Tecnologie per l'Energia e la Mobilità Sostenibili (STEMS), Consiglio Nazionale delle Ricerche (CNR), Strada delle Cacce 73, 10135 Torino

⁴ Dipartimento di Scienze e Ingegneria della Materia, dell'Ambiente e dell'Urbanistica, Università Politecnica delle Marche (UNIVPM), Via Brecce Bianche 12, 60131 Ancona

⁵ National Biodiversity Future Center (NBFC), Piazza Marina 61, 90133 Palermo

Il consumo di suolo rappresenta una delle sfide ambientali più urgenti, poichè compromette la capacità del suolo di fornire servizi ecosistemici essenziali. Tra le varie forme di consumo, il sigillamento del suolo desta particolare preoccupazione per la sua continua espansione: secondo l'Agenzia Europea dell'Ambiente, oltre 1,1 milioni di ettari di suolo sono stati sigillati nell'Unione Europea tra il 2000 e il 2018. Per contrastare questo fenomeno, si stanno adottando strategie di de-sealing, mirate a ripristinare le funzioni ecologiche e sociali dei suoli impermeabilizzati. In questo contesto si inserisce il progetto REUSES (Restore Urban Sealed Soil for Alternative Ecosystem Services), volto al recupero di suoli urbani sigillati e abbandonati, riconvertendoli in orti comunitari. Tuttavia, per garantire una produzione alimentare sicura e tutelare la salute pubblica, è fondamentale monitorare la qualità del suolo ed in particolare la presenza di contaminanti come gli idrocarburi. Lo studio ha analizzato due siti del progetto REUSES in tre momenti temporali (T0, T1 e T2), concentrandosi su BTEX e idrocarburi policiclici aromatici (IPA) a basso e alto peso molecolare. Entrambi i siti presentano suoli a tessitura fine, pH alcalino e bassi contenuti di carbonio e azoto. I BTEX sono risultati sempre inferiori ai limiti di rilevabilità, mentre gli IPA hanno mostrato una tendenza all'accumulo nel tempo, con prevalenza delle molecole ad alto peso molecolare di origine principalmente pirogenica, legata al traffico veicolare ed alla combustione di carburanti. Questi risultati evidenziano l'importanza di integrare la valutazione del rischio ambientale nei processi di de-sigillamento urbano, al fine di orientare strategie di recupero sostenibile. In particolare, la valutazione preliminare della contaminazione risulta cruciale per una scelta consapevole della successiva destinazione d'uso, garantendo sicurezza ambientale e resilienza degli ecosistemi urbani.

Keywords: Urban soil sealing · De-sealing · Soil contamination · PAHs · Urban sustainability

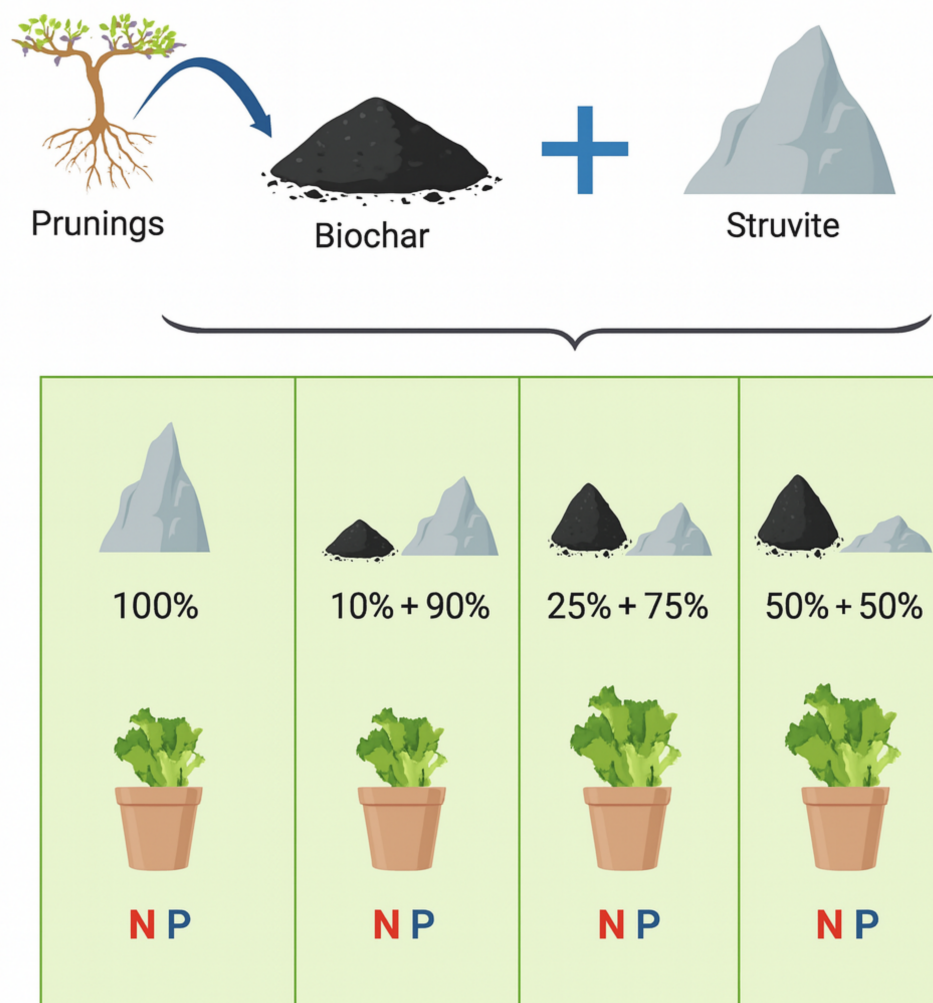
Turning waste into value: struvite and biochar synergy for soil fertility and crop nutrient uptake

Joana Cupi^{a,*} · Paolo Gioacchini^a · Paola Malena^a · Antonio Paesano^a · Michele Mazzon^a · Chiara Marzadori^a

^a Department of Agricultural and Food Sciences, Alma Mater Studiorum – University of Bologna, Italy

* Corresponding author: joana.cupi2@unibo.it

Phosphorous (P) is essential for crop production but global reserves of phosphate rock are limited. In this context, sustainable strategies of phosphorus recovery from waste are becoming of great interest. In this study, a novel fertilizer (StruvCarbon), composed by struvite ($\text{MgNH}_4\text{PO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$) and increasing amounts of biochar (Struv, B10, B25, and B50, containing 0%, 10%, 25%, and 50% biochar, respectively), was tested for its capacity to release N and P with sequential extractions in water and citric acid. Secondly, the capacity of the four StruvCarbon formulations to supply P and N was evaluated in an experiment with *Lactuca sativa*. The sequential extraction showed that both P and N become more available at higher biochar concentrations: B25 and B50 showed a 41–53% and 54–61% cumulative release in water of P and N, respectively. The sequential extraction in citric acid released 100% of P and 84%–76% of N for B25 and B50 respectively. Struv and B10 released similar amounts of P (16%) and N (46%) in water, while in citric acid about 80% of P and 66% of N. Comparable results were observed in soil–plant systems. Notably, B25 and B50 stimulated plant growth, yielding a 44–49% increase in dry biomass compared to the untreated control, whereas Struv and B10 by 28% and 22% respectively. Parallely, the N uptake with B25 and B50 was more than three times compared to the control, while with Struv and B10 the N uptake was more than double compared to the control. As for N, also P uptake with the formulations was on average more than double compared to the control. These results suggest that StruvCarbon may represent a viable alternative to conventional fertilizers. Further investigations are needed to assess the performance of these materials in soils with different characteristics. Additionally, economic feasibility should be evaluated.



Keywords: Struvite · Biochar · Nutrient release · Soil fertility

Linking sustainable management to soil functions: physico-chemical and biological dynamics in a differentially managed wheat field

R. Addesso¹ · A. Sofo^{1,*} · M. Pellegrini² · L. Rosati³ · E. Picariello⁴ · M. Amato⁵

¹ University of Basilicata, DAFE, Potenza, Italy

² University of L'Aquila (MeSVA), L'Aquila, Italy

³ University of Basilicata (DISS), Potenza, Italy

⁴ University of Sannio (DST), Benevento, Italy

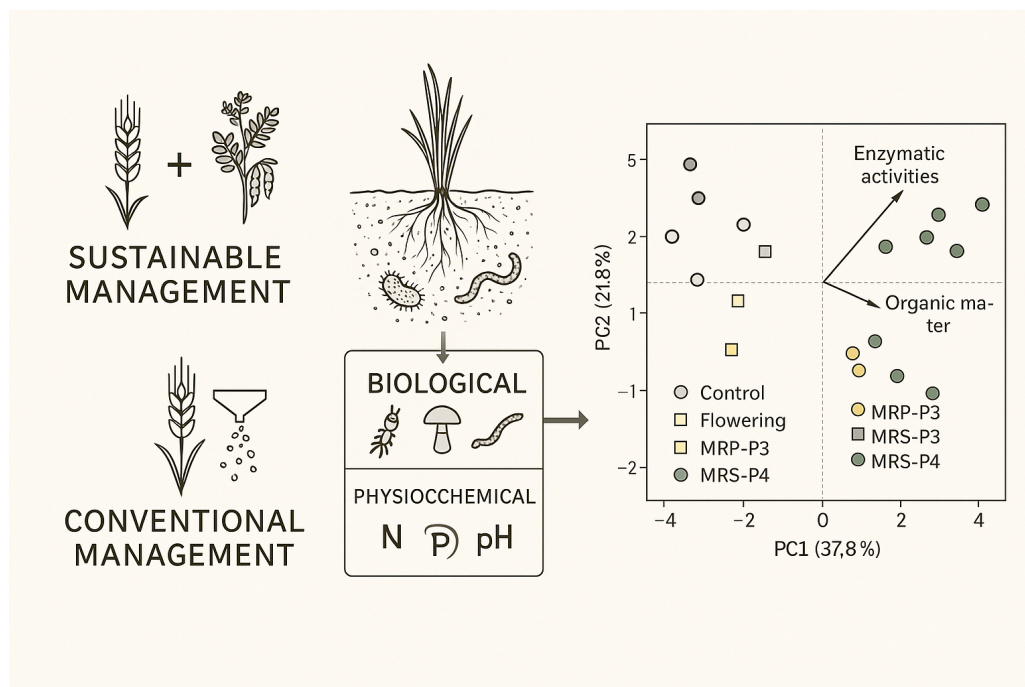
⁵ University of Basilicata (DAFE), Potenza, Italy

* Corresponding author: adriano.sofo@unibas.it

Among today's global challenges, soil degradation demands urgent and effective solutions. Investigating soil ecological dynamics and comparing farming practices can offer critical insights into soil health and support the design of resilient agroecosystems. This study evaluated the effects of different management practices on soil biological and physicochemical properties through a two-year field experiment featuring a wheat–chickpea rotation and pollinator-friendly plant mixes aligned with EU Common Agricultural Policy ecoschemes. The experiment was conducted in Caselle in Pittari (Salerno, Italy), using three replicates across six treatments: wheat (*Triticum aestivum* L. cv Ardito) under sustainable management with organic amendment (P1); chickpea (*Cicer arietinum* L.) in rotation with P1 (P2); wheat under conventional management with mineral fertilizer (NPK) (P3); O.P. RUSTICO mix (P4); O.P. ECO-5 PLUS mix (P5); and native spontaneous vegetation (P6). Soil samples were collected before sowing (control) and at flowering (F), and analyzed in the first year for bulk physicochemical parameters and enzymatic activities in rhizosphere (MRP) and rhizosheath (MRS) compartments, following protocols of the Italian Ministry of Agriculture. Principal Component Analysis (PCA) accounted for 59% of the total data variance, with PC1 (37%) driven by biological activity and organic matter, and PC2 (22%) reflecting soil textural and chemical traits. Sustainable management (P1) aligned with vectors of biological indicators (β -GLU, DHA, URE, organic C), whereas conventional management (P3) samples appeared more dispersed and oriented toward mineralogical variables. Control samples distinctly differed from flowering samples. Notably, F-MRP-P3 and F-MRS-P3 clustered in a PCA region opposite to enzymatic activity and organic nutrient indicators, suggesting a mineral-dominated soil with reduced biological function under conventional practices. In contrast, F-MRP-P4 and F-MRS-P4 diverged from other treatments, influenced by clay content, cation exchange capacity (CEC), magnesium, and pH, indicating an improvement in mineral nutrition. These PCA outcomes were corroborated by cluster analysis and chi-square testing, which demonstrated a statistically significant association between treatment type and cluster grouping ($p = 0.041$). Overall, these preliminary results underscore that sustainable farming practices measurably enhance soil quality by fostering both biological activity and chemical balance.

Acknowledgements. 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, CN000000022). This manuscript reflects only the authors' views and opinions, neither the European Union nor the European Commission can be considered responsible for them.



Keywords: Sustainable management · Soil health · Physicochemical properties · Biological activity · Mediterranean agroecosystems

12 dicembre 2025 – Orale II

Soil Monitoring and Resilience Law: la conoscenza scientifica per un'implementazione efficace

Mirco Barbero

Soil Team of the Unit Land Use & Management, European Commission – DG Environment

Now the EU Directive on Soil Monitoring and Resilience is adopted and will be entering soon into force. This is good news for everybody because healthy soils can be essential allies for addressing our challenges and ensuring our quality of life. But the difference will be made, or not, by the law implementation. This is a major task to which everyone is called to contribute and cooperate. The text of the law sets a close cooperation between Member States and the Commission and the EEA. Another essential cooperation needed is between soil competent authorities, policymakers and science: indeed, there are several knowledge gaps still to be filled in, and the law lists an impressive amount of elements where knowledge is key. So it is strategic and urgent to reach a common understanding between science and policy of which are, in very concrete terms, the specific knowledge elements needed for an effective implementation and how science and research can timely contribute. As examples, just consider the expected knowledge repository on the effects of soil management practices on soil health; the refinement of soil health criteria and descriptors; the wealth of supporting tools and documents to be developed to support Member States; the capacity building that will be needed in Member States among others to make fruitfully sense of all the data that will be produced. And the open question is: how to best realise this?

Keywords: Soil Monitoring · Soil Resilience · Policy Implementation · Knowledge Gaps

Enhancing NDVI trajectory analysis to refine productivity metrics for the assessment of land degradation

Marco Di Leginio¹ · Antonietta Agrillo² · Luca Congedo¹ · Michele Munafò¹ · Mzid Nada⁴ · Nicola Riitano¹ · Fabio Terribile^{3,4} · Piero Manna²

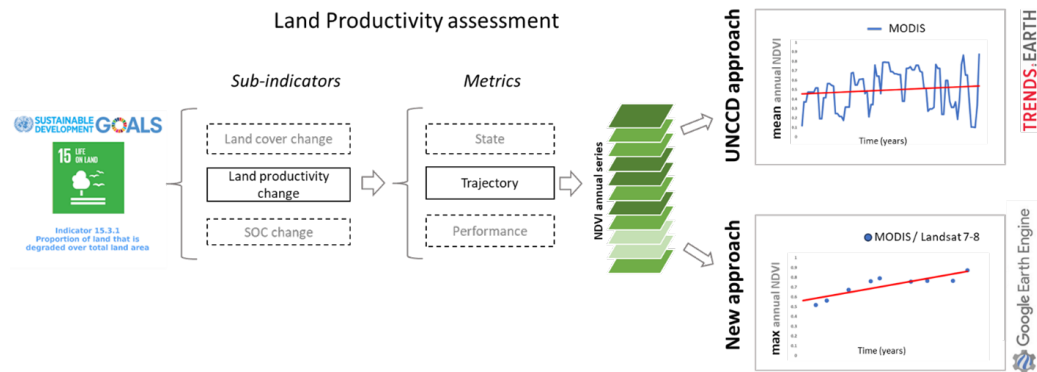
¹ Italian Institute for Environmental Protection and Research (ISPRA), Rome, Italy

² Institute for Mediterranean Agricultural and Forestry Systems (ISAFOM), National Research Council (CNR), Portici, NA, Italy

³ CRISP Research Center, Department of Agriculture, University of Napoli Federico II, Portici, Naples, Italy

⁴ Department of Agriculture, University of Napoli Federico II, Portici, Naples, Italy

Land degradation is a critical global issue, progressively reducing soil ecosystem services essential for human well-being and the environment. The 2030 Agenda for Sustainable Development – adopted by all United Nations Member States – established the Sustainable Development Goals (SDGs), with Target 15.3 focusing on ending desertification and restoring degraded lands. Monitoring of Target 15.3 is conducted via indicator 15.3.1, which combines three sub-indicators: trends in land cover change, land productivity, and carbon stocks, as recommended by the United Nations Convention to Combat Desertification (UNCCD). Despite its scope, the reliability of this assessment is primarily limited by the lack of direct field observations. The greatest challenge concerns land productivity dynamics, which are generally analysed using NDVI trajectories as described in the UNCCD methodology. This study proposes an alternative approach, using annual maximum NDVI values instead of annual mean NDVI in trajectory calculations. To test this method, remote sensing analysis was carried out with Google Earth Engine (GEE), assessing NDVI evolution at 450 locations across the Campania region, Italy. A custom graphical interface and Google Earth time slider tool were developed to visualize land cover changes over an 18-year period (2001–2018) based on MODIS and Landsat 7 datasets. The method was also applied at the national scale using Landsat 8 images (2013–2024). Both cases showed better results than the UNCCD method: spatial analysis demonstrated higher rates of degraded and stable lands, with a significant reduction in areas classified as improved compared to the UNCCD standard. Overall, this approach shows stronger agreement with ground truth data and highlights the advantages of higher-resolution satellite imagery for regional land degradation monitoring. Identifying potentially degraded areas by acquiring information at appropriate scales can effectively support urban and regional planning by preventing the loss of high-quality soils and directing land use changes toward less productive or already compromised areas. Improved indicators, validated by ground data, could become operational tools for policy makers (i.e., spatial DSS) helping to bridge the gap between policies and their real-world applications.



Keywords: NDVI · Land degradation · Remote sensing · Productivity trajectories

Just Transition Fund per la riqualificazione di aree degradate e lo sviluppo di green value chains a Taranto: il progetto Filiere Verdi

Valeria Ancona^{1,*} · Aurora Rutigliano^{1,2} · Ilaria Savino¹ · Roberto Carlucci³ · Angelo Tursi³ · Annamaria Basile⁴ · Vito Felice Uricchio^{1,4}

¹ Istituto per le Tecnologie della Costruzione, Consiglio Nazionale delle Ricerche (CNR), Unità di ricerca Ambiente e Territorio, Bari

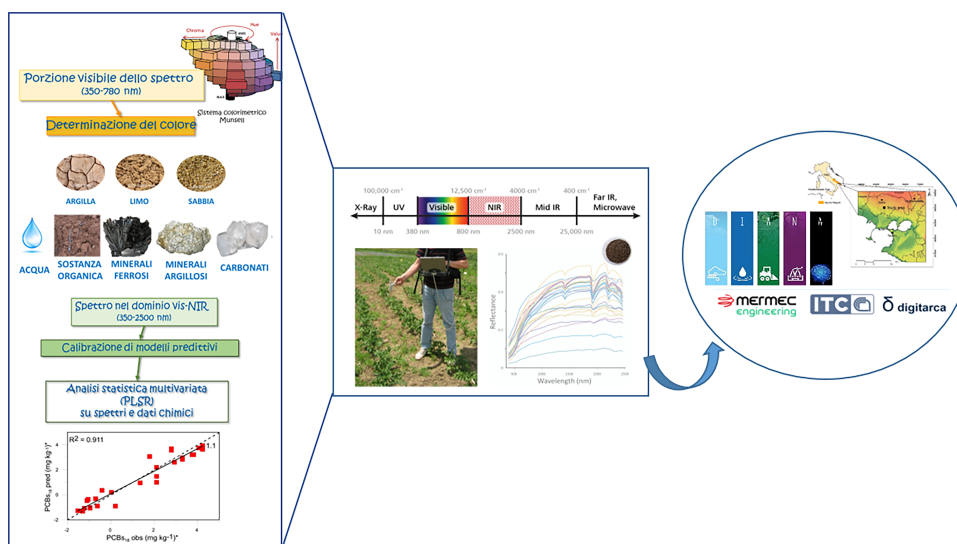
² Dipartimento di Scienze del Suolo, della Pianta e degli Alimenti, Università di Bari “A. Moro”

³ Dipartimento di Bioscienze, Biotecnologie ed Ambiente, Università di Bari “A. Moro”

⁴ Commissario Straordinario per gli interventi urgenti di bonifica, ambientalizzazione e riqualificazione dell'area di Taranto

* Corresponding author: valeria.ancona@cnr.it

Recentemente, gli interventi di recupero ambientale e di gestione sostenibile dei suoli hanno assunto un ruolo chiave a fronte di un incremento delle aree degradate e dell'innalzarsi dei livelli di inquinamento che superano la capacità di resilienza dei suoli e causano seri rischi per la salute umana. Alle tradizionali tecnologie di bonifica, spesso caratterizzate da costi economici elevati, le attuali strategie di recupero ambientale mirano allo sviluppo e al perfezionamento di strategie sostenibili, quali le fitotecnologie, in grado di promuovere il ripristino della qualità dei suoli, rispondendo ai principi di transizione ecologica e di economia circolare. Attualmente, oltre 700 specie vegetali, tra varietà arboree, arbustive ed erbacee, possiedono tali capacità. La canapa, il girasole, il ricino e l'alisso giallo sono solo alcuni esempi di essenze vegetali in grado di assorbire, estrarre o stabilizzare contaminanti inorganici nel suolo e di sottrarli a un loro accumulo nell'ambiente. Tra le specie arboree, il pioppo, in particolare il clone Monviso, in sinergia con le popolazioni microbiche del suolo, è risultato efficace in applicazioni di biorimedia fito-assistito in un'area multi-contaminata del Sud Italia, nel promuovere la rizodegradazione di contaminanti organici persistenti come i policlorobifenili (PCB) e la fitostabilizzazione di metalli pesanti. L'utilizzo delle specie vegetali non solo presenta vantaggi in termini di ripristino dal degrado ma garantisce preziosi servizi ecosistemici, quali lo stoccaggio del carbonio nel suolo, il benessere del paesaggio e l'aumento della biodiversità. Al contempo, la biomassa vegetale può essere destinata a trattamenti di valorizzazione energetica, al fine di trasformare in risorsa ciò che potrebbe essere considerato un rifiuto. In tale contesto, “Filiere Verdi”, progetto di rilevanza strategica del Just Transition Fund, coordinato dal Commissario Straordinario per gli interventi urgenti di bonifica e ambientalizzazione di Taranto, mira a recuperare ampie porzioni dell'area di crisi industriale del territorio tarantino attraverso applicazioni di tecniche di biorimedia fito-assistito. In particolare, la messa a dimora di essenze vegetali selezionate ad hoc consentirà di restituire alle aree il loro uso produttivo, garantendo il recupero funzionale dei suoli degradati. Il progetto è finalizzato inoltre a sostenere i principi della green economy, consolidando un approccio win-win a favore dell'ambiente, dell'agricoltura, delle imprese e della collettività. Grazie a queste azioni, si interverrà efficacemente sul risanamento di alcuni siti del territorio tarantino e sulla creazione di filiere verdi, contribuendo significativamente alla transizione ecologica dell'area.



Keywords: Just Transition Fund · Aree degradate · Biorimedio fito-assistito · Filiere verdi

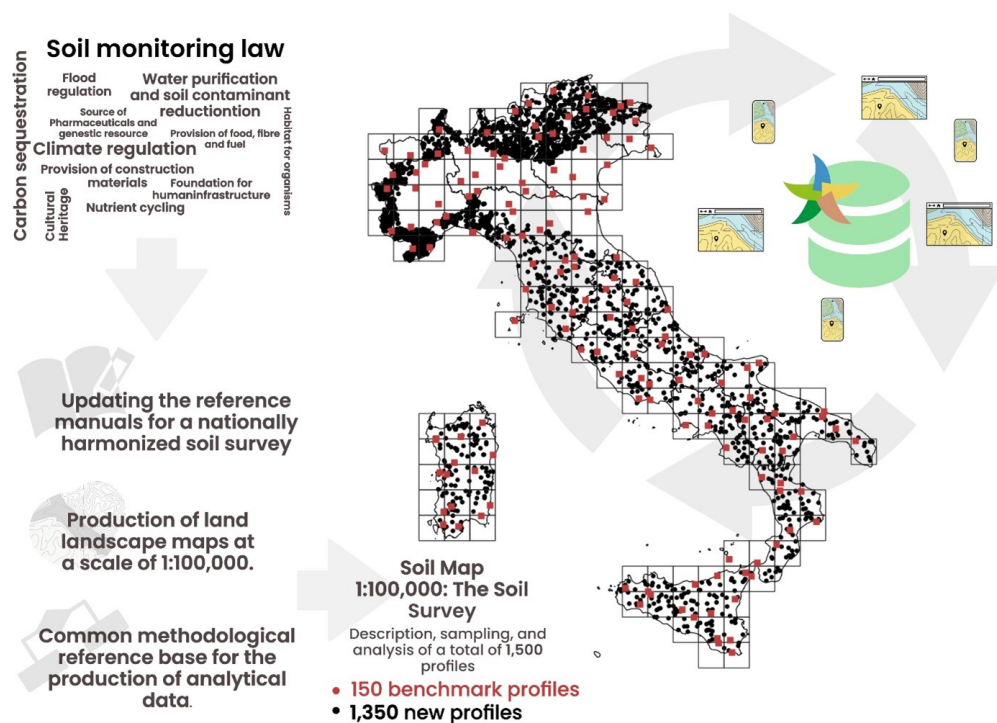
The Soil Map of Italy on a scale of 1:100,000 delivering soil information for agricultural and political purposes

Giovanni L'Abate^{1,*} · Stefano Mocali¹ · Rosario Napoli¹ · Maria Fantappiè¹ · Chiara Piccini¹ · Sergio Pellegrini¹ · Nadia Vignozzi¹ · Roberta Pastorelli¹ · Giuseppe Valboa¹ · Lorenzo D'Avino¹ · Roberto Barbetti¹ · Giorgio Moretti¹ · Mario Finoia¹ · Andrea Lachi¹ · Alessandro Orlandini¹ · Filippo Rocchi¹ · Elena Tondini¹ · Carlos Lozano Fondon¹ · Giuseppe Corti¹

¹CREA Research Centre for Agriculture and Environment, Via della Navicella 2/4, 00184 Roma.

*Corresponding author: giovanni.labate@crea.gov.it

CREA, with the support of “Ministero dell'agricoltura, della sovranità alimentare e delle foreste” (MASAF), has been collaborating for years on the production of soil maps for Italy. The first printed version is dated 2012 (scale 1:1,000,000), and updated the previous one from 1966, in terms of both knowledge and methodologies. On charge of “Ministero dell'Ambiente e della Sicurezza Energetica” (MASE), is to set in place an Integrated Monitoring System (SIM). MASE–SIM is a long-term surveillance/monitoring system to implement preventive measures for scheduled maintenance of the territory, optimizing the use of resources, and managing emergencies. This realizes, by others, goals of EU-wide framework for assessing and monitoring soils established by the Soil monitoring directive (Adopted by the Council on 29 September 2025). The production of the Italian soils map at 1:100,000 scale is one of the Precision Agriculture application goals. Map development requires the integration of several information, in terms of cartographic and digital maps but also already collected soil observations through national, regional campaigns or even by universities. A new soil profiles survey (1500) campaign started on spring 2025 with the dual objective of covering areas lacking information (1350) and updating previous data (150), introduced by a training school (Jolanda di Savoia, Ferrara) for surveyors (11 attended). Reference manual for a nationally harmonized soil survey was updated (Costantini, 2008). A dedicated Soil survey App & Management portal was developed by DXC with CREA support. This was aligned to the “Software framework for a shared agricultural soil information system”, produced within H2020 EJPSOIL Joint European Research Program, conforming soil data to the INSPIRE Directive. These coordinated efforts aim to establish a harmonized national soil information system, of which the Italian soils map represents a key deliverable and will represent the spatial distribution of the main observed soils in the national territory.



Keywords: Soil monitoring · Harmonized soil survey · Soil information system · INSPIRE Directive · Precision Agriculture

Suolo e risorsa idrica: da una gestione del territorio reattiva ad una proattiva

G. Sofia¹ · C. Zaccone² · M. Dani¹ · A. Fiume¹

¹ Ce.Sp.I.I. Centro per la Sperimentazione e l'Innovazione Irrigua, Consorzio di II Grado Lessinio–Euganeo–Berico, Via Tiro a Segno 7, 37044 Cologna Veneta (VR), Italy

² Dipartimento di Biotecnologie, Università di Verona, Strada le Grazie 15, 37134 Verona, Italy

Il cambiamento climatico sta amplificando fenomeni di degrado del suolo e stress idrico, con effetti sempre più evidenti sul tessuto economico e sociale di diverse aree a livello globale, dove l'alternarsi di siccità prolungate ed eventi meteorici estremi mettono sotto pressione infrastrutture, ecosistemi e comunità. Se da un lato l'aumento della frequenza di periodi siccitosi e l'alterazione dei regimi pluviometrici producono effetti diretti sulla disponibilità idrica e sull'effettiva richiesta irrigua, dall'altro le caratteristiche intrinseche dei suoli e la progressiva perdita di sostanza organica influenzano negativamente la capacità di ritenzione idrica e la resilienza stessa dei sistemi agrari. Inoltre, un suolo degradato è ancora più vulnerabile a eventi estremi di precipitazione. In questo contesto, la corretta valutazione del bilancio idrico del suolo rappresenta una priorità strategica sia per garantire la sostenibilità della produzione agricola che per supportare l'intensa attività di gestione delle infrastrutture di irrigazione e bonifica, e non per ultimo, le politiche di tutela delle risorse ambientali. Lo sviluppo di strumenti innovativi di monitoraggio e modellazione ha permesso di affinare la stima del bilancio idrico, integrando misure dirette con modelli previsionali. Questi approcci consentono di passare da una gestione del territorio reattiva ad una proattiva, basata su sistemi capaci di segnalare in anticipo situazioni di deficit o surplus idrico critico. Il contributo propone una riflessione sul ruolo di tali approcci nello studio del bilancio idrico del suolo e nella gestione dell'acqua in un contesto di bonifica e irrigazione, evidenziando come le attività di campo, e la capacità predittiva dei modelli, possano supportare l'implementazione di politiche di adattamento e mitigazione a scala locale e regionale. Verranno presentati esempi di applicazione in contesti pilota, con particolare attenzione all'integrazione tra conoscenza scientifica, strumenti operativi e governance territoriale. Solo una sinergia tra monitoraggio avanzato, modelli previsionali e attività di sperimentazione legate al territorio potranno consentire un uso sostenibile della risorsa idrica in scenari di crescente pressione climatica.



Keywords: Suolo · Risorsa idrica · Bilancio idrico · Cambiamento climatico · Irrigazione

Digital soil mapping of Rieti plain using soil reflectance composite of multitemporal Sentinel-2 images and terrain attributes

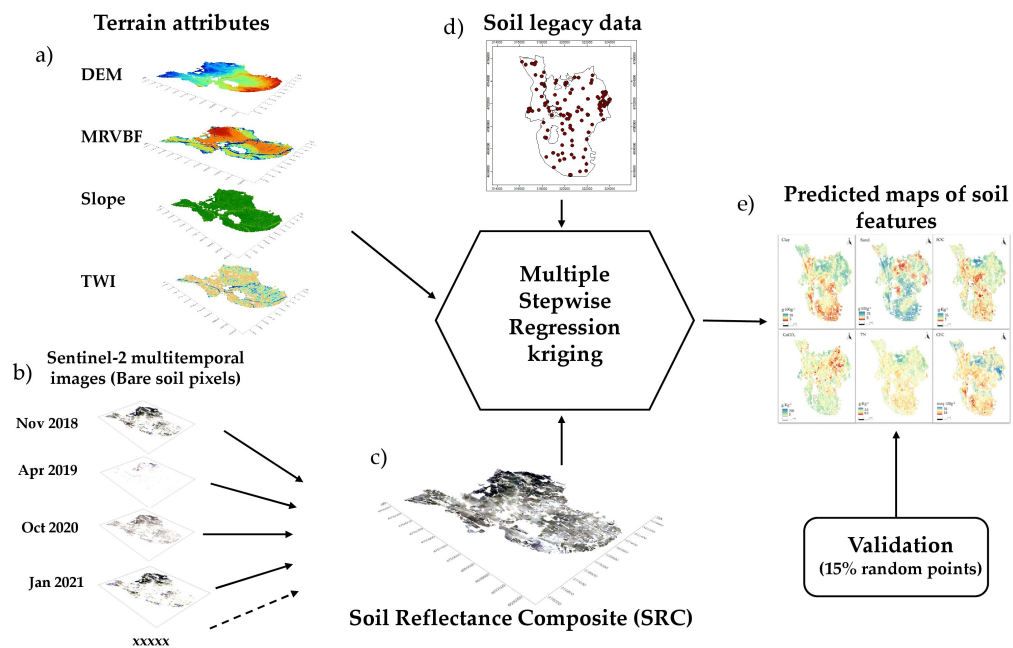
S. Priori^{1,*} · M. Zanini¹ · U. Heiden² · L. Pace¹ · R. Casa¹

¹ University of Tuscia, Department of Agriculture and Forest Sciences, Via San Camillo de Lellis, 01100 Viterbo, Italy

² German Aerospace Center (DLR), The Remote Sensing Technology Institute, Muenchener Str. 20, 82234 Wessling, Germany

* Corresponding author: simone.priori@unitus.it

Accurate soil maps are essential for soil protection, policy implementation, and digital agriculture. However, traditional soil maps often lack the detail required for local applications, while farm-scale surveys are often not economically sustainable. This study was carried out within Rieti plain, an important agricultural area in central Italy. Legacy soil data and digital soil mapping (DSM) were used to produce accurate, low-cost maps of key soil properties, namely clay, sand, total lime (CaCO₃), organic carbon (SOC), total nitrogen (TN) and cation exchange capacity (CEC). The DSM procedure involved Multivariate Stepwise Regression Kriging that uses terrain attributes and bare soil reflectance composite (SRC) from Sentinel-2 multi-temporal images. SRC was obtained using the Soil Composite Mapping Processor (SCMaP), an automated methodology for extracting the reflectance of bare soil pixels of each image. The SRC map was then created by calculating the average of the extracted bare soil pixels, between 19 and 391 dates over a five-year period (2018–2022). The Sentinel-2 bands of SRC showed strong correlations with topsoil features (A horizon), making them highly suitable explanatory variables for regression kriging. In particular, the SWIR bands (b11 and b12) were key in predicting clay, sand, and CEC maps. The regression models were highly accurate for clay, sand, SOC, and CEC ($R^2 > 0.90$), but showed lower accuracy for CaCO₃ ($R^2 = 0.67$). Similar results were obtained when predicting subsoil (B horizon) clay and sand content. Additionally, a supervised classification approach was applied to predict Soil Typological Units (STUs) based on the mapped soil attributes and STU classification in the described profiles. This methodology demonstrates the potential of SRC and regression kriging for producing detailed soil property maps to support precision agriculture and sustainable land management.



Keywords: Sentinel-2 · Multitemporal images · Precision agriculture · Soil organic carbon · Soil monitoring

Dal territorio al suolo: un tool (SDSS) per la promozione dell'ecoturismo e della consapevolezza sul suolo nel territorio rurale della Città Metropolitana di Napoli

F. A. Mileti¹ · P. Miranda³ · G. Langella^{1,2} · P. Manna⁴ · L. Minieri¹ · M. Tatone¹ · F. Terribile^{1,2}

¹ Centro Interdipartimentale su Earth Critical Zone, Università di Napoli Federico II, Portici (NA), Italy

² Dipartimento di Agraria, Università di Napoli Federico II, Portici (NA), Italy

³ Dipartimento di Studi Umanistici, Università di Napoli Federico II, Napoli, Italy

⁴ CNR-ISAFO, Portici (NA), Italy

Il suolo è la risorsa naturale fondamentale che sostiene gli ecosistemi rurali, l'agricoltura e, di conseguenza, lo sviluppo di ecoturismo e turismo rurale. Quest'ultimo settore, in particolare, rappresenta un'attività importante per molte aree interne, poiché consente loro sia di generare redditi significativi sia di sostenere l'economia rurale. I recenti progressi nel turismo digitale promettono di apportare cambiamenti rilevanti a questa attività, ma la maggior parte di tali sviluppi è rivolta a destinazioni turistiche già note, senza quindi affrontare la sfida del turismo interno, rurale ed ecoturistico. In risposta a tale scenario, la Regione Campania ha adottato un quadro normativo per promuovere il turismo sostenibile nelle aree interne (in particolare la L.R. n. 18/2014), riconoscendo il valore dell'agriturismo (legge quadro nazionale n. 96/2006 e L.R. n. 15/2008) e disciplinando i servizi di accoglienza e i diritti del turista. È in questo contesto che il lavoro presentato propone l'implementazione di un Sistema di Supporto alle Decisioni Geospaziale (SDSS) per la pianificazione e gestione dell'ecoturismo nel territorio rurale della Città Metropolitana di Napoli. Il sistema sfrutta le capacità del WEB GIS per integrare dati ambientali, di biodiversità e, soprattutto, informazioni pedologiche dettagliate (mappe dei suoli, parametri di qualità e minacce di degrado). L'SDSS è progettato per:

1. Identificare le aree più idonee per lo sviluppo di percorsi ecoturistici, minimizzando l'impatto sul fragile equilibrio del suolo.
2. Mappare la diversità pedologica e le funzioni ecosistemiche ad essa correlate, evidenziandone il valore come risorsa non rinnovabile.
3. Facilitare lo *storytelling* sul suolo: il sistema traduce dati scientifici complessi in narrazioni accessibili, con la creazione di itinerari tematici che illustrano il paesaggio, spiegano la storia e la genesi del suolo sottostante, la sua vulnerabilità e il ruolo vitale.

Il caso studio della Città Metropolitana di Napoli dimostra come gli strumenti della Scienza del Suolo, supportati dalle più recenti Ciberinfrastrutture Geospaziali, possano contribuire non solo allo sviluppo economico rurale, ma anche e soprattutto all'aumento della consapevolezza pubblica sul suolo, trasformando i turisti in agenti di conservazione di questa preziosa risorsa.

Keywords: Ecoturismo · Ciberinfrastrutture geospaziali · WEB GIS · Pianificazione territoriale · Turismo rurale

12 dicembre 2025 – Poster I

Impatto del riscaldamento globale sui pool di carbonio organico del suolo e sulle rese colturali

Fatma Abdelkefi^{1,*} · Giorgio Galluzzi¹ · Beatrice Giannetta² · Cesar Plaza³ · Claudio Zaccone¹

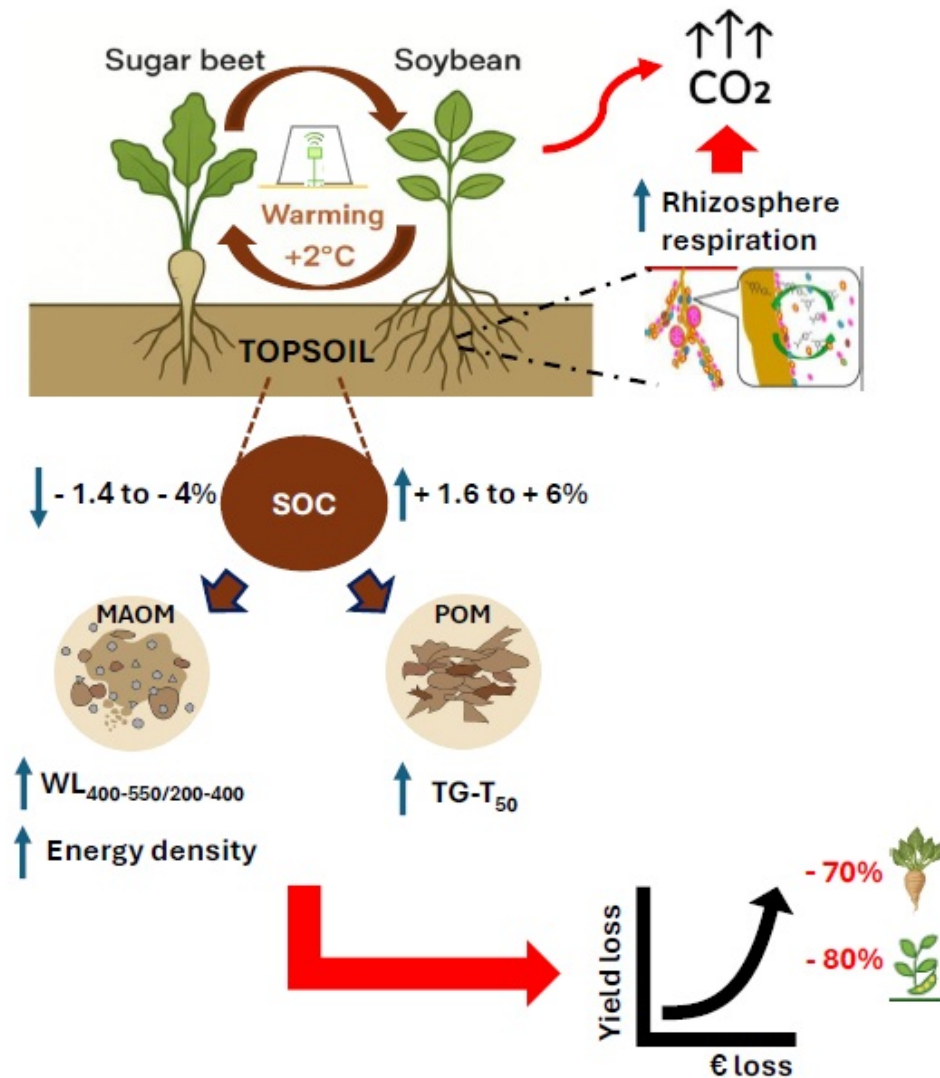
¹ Dipartimento di Biotecnologie, Università di Verona, Strada Le Grazie 15, 37134 Verona, Italy

² Dipartimento di Scienze Agrarie, Alimenti, Risorse Naturali e Ingegneria, Università di Foggia, Via Napoli 25, 70122 Foggia, Italy

³ Instituto de Ciencias Agrarias, Consejo Superior de Investigaciones Científicas, Serrano 115 bis, 28006 Madrid, Spain

* Corresponding author: fatma.abdelkefi@univr.it

La comprensione di come il carbonio organico del suolo (SOC) risponderà all'aumento delle temperature globali è essenziale per prevedere le potenziali emissioni di CO₂ in atmosfera e garantire la produttività dei sistemi agricoli. Questo studio ha valutato gli effetti di un aumento di temperatura di +2 °C, simulato mediante open-top chambers, sulla dinamica del SOC e sulle rese colturali in un sistema a rotazione soia–barbabietola da zucchero. Campioni di suolo superficiale (0–20 cm) sono stati prelevati da un'azienda sperimentale (blocchi randomizzati) e la sostanza organica è stata frazionata in particolata (POM) e associata ai minerali (MAOM), analizzandone composizione chimica, stabilità termica e accessibilità biologica. Il riscaldamento indotto ha generato risposte specifiche per coltura: lo stock di SOC è diminuito nei suoli coltivati a barbabietola (range: 1.4–4%) mentre è aumentato in quelli a soia (1.6–6%), riflettendo differenze nella struttura radicale e negli apporti di residui. Il rapporto MAOM/POM è diminuito con il riscaldamento nel 2023 in tutti i suoli, mentre è aumentato nei suoli a barbabietola nel 2024, probabilmente per effetto della rotazione con la soia. Le analisi termiche hanno mostrato una maggiore stabilità della MAOM, mentre la POM ha mantenuto alcune tipiche caratteristiche di recalcitranza. La densità di energia, più alta nella MAOM, soprattutto nei suoli a soia, conferma una minore accessibilità microbica e un più basso potenziale di decomposizione. I valori di CO₂ cumulativa ottenuti dalle prove di incubazione (respirazione basale) hanno evidenziato una maggiore labilità del SOC nei suoli a soia. Le rese sono drasticamente diminuite per effetto del riscaldamento (-70% per la barbabietola e -80% per la soia). Ciò sottolinea la necessità di politiche integrate, basate su evidenze scientifiche, per orientare la PAC verso pratiche agricole che tutelino il carbonio nel suolo e garantiscano la sicurezza produttiva nel contesto del cambiamento climatico.



Keywords: Cambiamento climatico · Sequestro del carbonio · Soia · Barbabietola

Spettroscopia di riflettanza Vis–NIR: dalla caratterizzazione di suoli contaminati e degradati a nuove applicazioni nel monitoraggio ambientale

V. Ancona¹ · I. Savino¹ · A. Rutigliano^{1,2} · C. Massarelli¹ · A. Basile³ · V. F. Uricchio^{1,3} · A. Leone⁴

¹ Istituto per le Tecnologie della Costruzione – Consiglio Nazionale delle Ricerche, Unità di ricerca Ambiente e Territorio, 70124 Bari, Italy

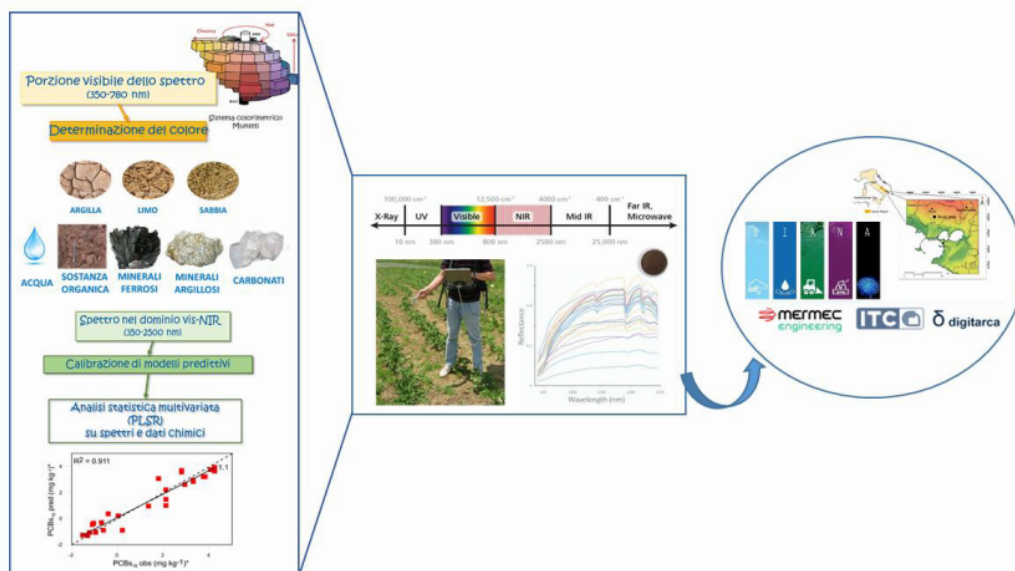
² Dipartimento di Scienze del Suolo, della Pianta e degli Alimenti, Università di Bari Aldo Moro, 70123 Bari, Italy

³ Commissario straordinario per gli interventi urgenti di bonifica, ambientalizzazione e riqualificazione dell'area di Taranto, Italy

⁴ Istituto per i Sistemi Agricoli e Forestali del Mediterraneo – Consiglio Nazionale delle Ricerche, 80055 Portici, Italy

*Corresponding authors: valeria.ancona@cnr.it; ilariasavino@cnr.it

La salute del suolo è sempre più al centro delle sfide ambientali globali: degradazione, contaminazione e perdita di fertilità minacciano ecosistemi, sicurezza alimentare e qualità della vita. In questo contesto, la spettroscopia di riflettanza vis–NIR si configura come una tecnica innovativa, rapida ed economica, rappresentando un'alternativa efficace alle tradizionali metodologie di pre-screening e caratterizzazione di suoli degradati e potenzialmente contaminati. Le misure di riflettanza spettrale, ossia del rapporto tra la radiazione incidente sul suolo e quella da esso riflessa, consentono di valutare le sue proprietà chimiche, fisiche e mineralogiche, nonché di predire, mediante approcci statistici multivariati, lo stato di qualità dei suoli. Nell'ambito di una prima applicazione del D.M. 46/2019 su un'area potenzialmente contaminata prossima al SIN di Taranto, questa tecnica ha dimostrato la sua efficacia nell'analizzare la presenza di metalli pesanti come il berillio, vanadio e tallio, la cui rilevabilità è stata resa possibile dalle correlazioni con componenti spettralmente attive quali sostanza organica, minerali argillosi, ossidi di ferro e carbonati. Le misure spettroradiometriche hanno, inoltre, evidenziato il potenziale del colore del suolo nel registrare concentrazioni di policlorobifenili superiori ai CSC normativi, in un'area industriale dismessa della provincia di Taranto. Oltre ai risultati consolidati, il potenziale di questa tecnica si estende a nuove applicazioni nell'ambito del monitoraggio ambientale integrato. In combinazione con dati di telerilevamento e modelli di intelligenza artificiale, la spettroscopia vis–NIR sarà oggetto di applicazione nell'ambito del progetto DIANA (Dai dati alle decisioni con IA in sistemi ambieNtAli complessi), rivestendo un ruolo fondamentale nella convalida dei dati a terra. L'approccio previsto verrà applicato ai dati ambientali di un contesto complesso come quello dell'Area Vasta di Taranto, con l'obiettivo di individuare e monitorare i principali fattori che contribuiscono alle pressioni ambientali, prevedere gli impatti sulla salute pubblica e sulla biodiversità e sviluppare strategie di mitigazione a lungo termine.



Keywords: Metalli pesanti · Policlorobifenili · Misure spettrometriche del suolo · Statistica multivariata

METROFOOD-IT: Integrated Methodologies for Authenticity, Traceability and Nutritional Quality of Agrifood Products

P. Adamo¹ · F. De Filippis¹ · P. Vitaglione¹

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

As part of Mission 4 “Education and Research” of the Italian National Recovery Resilience Plan (NRRP), the METROFOOD-IT project (<https://www.metrofood.it/en/>) aims at strengthening the Italian Research Infrastructure for Metrology and Open Access Data in support to the Agrifood sector. It represents the Italian Node of the EU Research Infrastructure METROFOOD-RI (<https://www.metrofood.eu>) included in the ESFRI Roadmap (Health and Food domain). METROFOOD-IT supports research and innovation by providing integrated and advanced services, promoting the digitalization, traceability and sustainability of agrifood systems, and improving the reliability of products, processes and information for citizens, authorities, and food system stakeholders. Within the METROFOOD-IT Consortium, the Department of Agricultural Sciences of the University of Naples Federico II (OU UNINA1) offers laboratories and expertise dedicated to assessing the Authenticity, Traceability and Nutritional Quality of agrifood products through a comprehensive suite of analytical methodologies. These Laboratories provide both physical and remote Transnational Access (TNA) to researchers, academics and food business operators. The Authenticity and Traceability Laboratory specializes in fingerprinting strategies based on spectroscopic techniques (NIR and MIR) and geochemical analyses (multi-elemental and isotopic signatures), combined with chemometric data processing. These tools are used to predict quality attributes and authenticate high-value agrifood products (e.g., PDO, PGI) according to their geographical origin. The Food and Health Laboratory focuses on the nutritional and functional qualities of agrifood products and by-products, with particular attention to metabolomic profiling to assess their health-promoting potential. The lab is equipped with advanced analytical platforms, including high-resolution mass spectrometry (UHPLC/HRMS Orbitrap), chromatography (HPLC/DAD), and multiplex immunoassays (BioPlex200 Luminex technology). The Metagenomics and Microbial Ecology Laboratory provides expertise in food microbial ecology, applying cutting-edge genomics and metagenomics approaches for profiling food-associated microbiomes. These approaches allow to identify microbial markers to be used as indicators of food quality and origin, as well as to evaluate the impact on human health. The lab is fully equipped with instruments for traditional and molecular microbiology, including anaerobic cabinets, robotic stations for DNA extraction and libraries preparation, MALDI-TOF for rapid strains identification and SHIME gastrointestinal simulator to evaluate the impact of foods on the gut microbiome. Together, these facilities contribute to strengthening scientific and technological capabilities in the field of food authenticity, traceability, and nutritional assessment, in alignment with the overarching goals of the METROFOOD-IT initiative.

Keywords: Authenticity · Traceability · Nutritional quality · Agrifood products

No-tillage under conservation agriculture enhances stable and labile soil organic carbon compared to minimum and conventional tillage in durum wheat systems under Mediterranean climate conditions

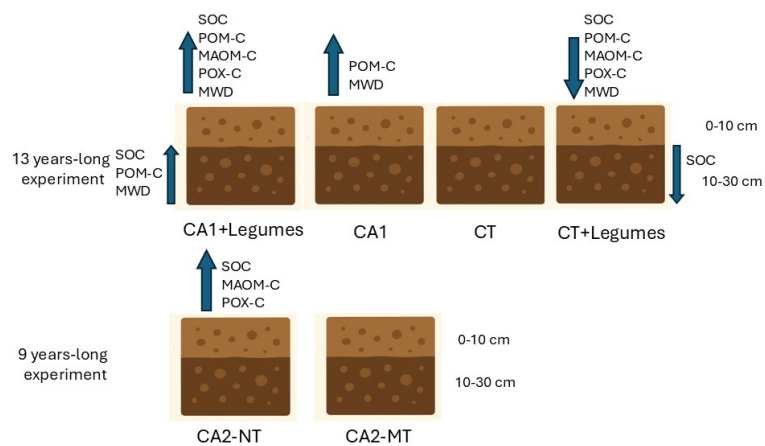
Salvatore Baiano^{1,*}, Michele Rinaldi², Antonio Troccoli², Francesco Ciavarella², Maria Cristina Sorrentino¹, Luigi Morra¹

¹ CREA – Research Centre for Cereal and Industrial Crops, Caserta, Italy

² CREA – Research Centre for Cereal and Industrial Crops, Foggia, Italy

* Corresponding author: salvatore.baiano@crea.gov.it

Soil organic carbon (SOC) is a key determinant of soil functionality, influencing nutrient cycling, water retention, aggregation, and biological activity. Conservation agriculture (CA), characterized by reduced soil disturbance, permanent soil cover, and diversified crop rotations, has been proposed as a strategy to enhance SOC stocks. Here, we report the results of two long-term field experiments conducted in Mediterranean durum wheat systems to evaluate the effects of different practices of CA on aggregate stability, measured as mean weight diameter of water-stable aggregates (MWD); on labile carbon pools, including particulate organic carbon (POM-C) and permanganate-oxidizable carbon (POX-C); and on the stable carbon pool, mineral-associated organic carbon (MAOM-C). In the first experiment, a 13-year-long study, the no-tillage conservation agriculture system (CA1), particularly when combined with biennial legume-wheat rotations (CA1+legumes), led to higher SOC concentrations in the 0–10 cm layer, improved MWD, and increased POM-C, MAOM-C, and POX-C compared to conventional tillage (CT). POX-C dynamics closely followed MAOM-C accumulation. In the second experiment, a nine-year comparison of no-tillage (CA2-NT) and minimum tillage (CA2-MT) under conservation agriculture with wheat–legume rotation, CA2-NT promoted significant increases in SOC, MAOM-C, and POX-C in surface soils, whereas CA2-MT preserved POM-C without enhancing stable SOC pools throughout the tilled layer. These results demonstrate that CA, particularly when durum wheat is rotated with legumes, enhances both labile and stable SOC pools in surface soils by coupling soil structure and residue quality, thus addressing the “soil carbon dilemma” between fertility and stabilization. Overall, the study provides strong evidence to support CA as a strategy for climate mitigation and soil health restoration, while the limited response in deeper layers indicates that longer timeframes or complementary practices may be required for whole-profile SOC sequestration.



Keywords: Conservation Agriculture · Minimum Tillage · Soil Organic Carbon · Particulate Organic Matter · Mineral-associated organic carbon

Process-Based Modelling of Soil Ecosystem Services under Future Climate Scenarios in Two Vineyard Soils

Angelo Basile^{1,*} · Rossella Albrizio¹ · Marialaura Bancheri¹ · Antonello Bonfante¹ · Maurizio Buonanno¹ · Antonio Coppola² · Roberto De Mascellis¹ · Shawkat B. M. Hassan³ · Binyam Alemu Yosef¹

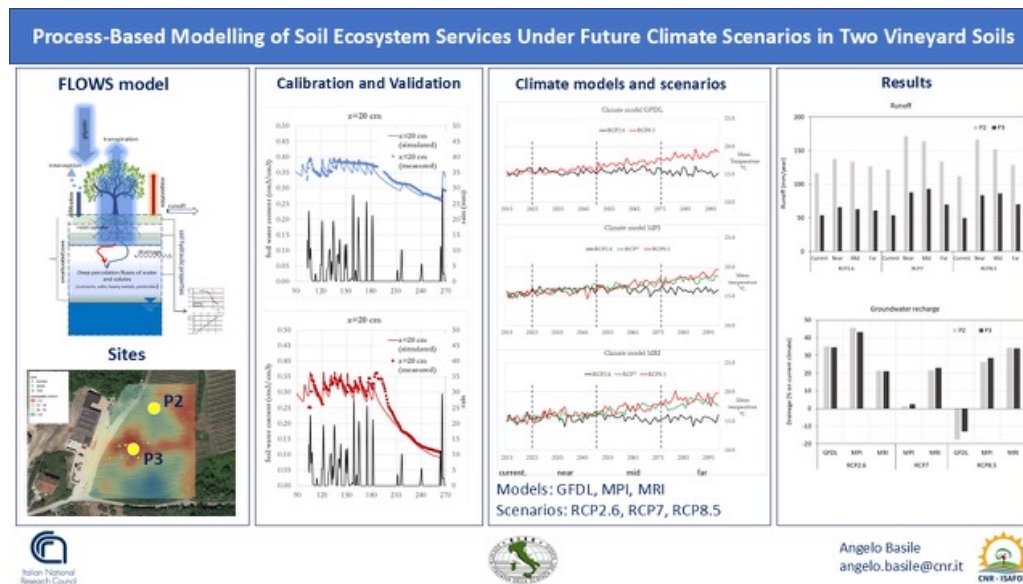
¹ Institute for Mediterranean Agricultural and Forestry Systems (ISAFOM), National Research Council, Piazzale E. Fermi, 1, Portici, NA, 80055, Italy

² Department of Chemical and Geological Sciences, University of Cagliari, 09042 Cagliari, Italy

³ Department of Agricultural Forestry Food and Environmental Sciences (DAFE), University of Basilicata, 85100 Potenza, Italy

* Corresponding author: angelo.basile@cnr.it

Within the framework of the AGRITECH PNRR project, this study evaluates the impacts of future climate scenarios on selected soil ecosystem services (SESs) to support the development of effective adaptation strategies in agricultural systems. The experimental site is located at the Tenuta Donna Elvira vineyard in Montemiletto (AV), within the Taurasi DOCG district of southern Italy. Two adjacent soils with similar pedological characteristics but slightly different hydrological properties were analysed. The simulated SESs included the capacity to mitigate runoff and flood risk, potential groundwater recharge, grape ripening timing, and potential grapevine stress. The process-based agro-hydrological model FLOWS was calibrated and validated for both soils, then applied to simulate four time periods—current (ACT: up to 2023), near future (NEAR: 2025–2049), mid-future (MID: 2050–2074), and far future (FAR: 2075–2099)—under three climate scenarios (RCP2.6, RCP7.0, RCP8.5). These scenarios were derived from the CMIP6 framework using three General Circulation Models (MPI-ESM1-2-LR, MRI-ESM2-0, and GFDL-ESM4), which were locally validated and bias-corrected with meteorological data from 2006–2023. Results indicate that under RCP2.6, grape ripening remains stable, whereas under RCP7.0 and RCP8.5, ripening advances by up to six weeks. Groundwater recharge shows a modest increase (<6%) across all scenarios. Soil 1 exhibits greater resilience, being approximately 50% more effective in reducing runoff and flood risk than Soil 2, while runoff intensifies with increasing emission scenarios. Despite uncertainties linked to GCM inconsistencies, the study confirms the potential of process-based models for assessing agricultural and soil system responses to climate change. However, the assumption of stable rainfall patterns remains a limitation; if precipitation events become more intense and less frequent, higher-resolution (hourly) data will be necessary. Overall, these results highlight the value of dynamic modelling for predicting how soil ecosystem services may evolve under future climate conditions.



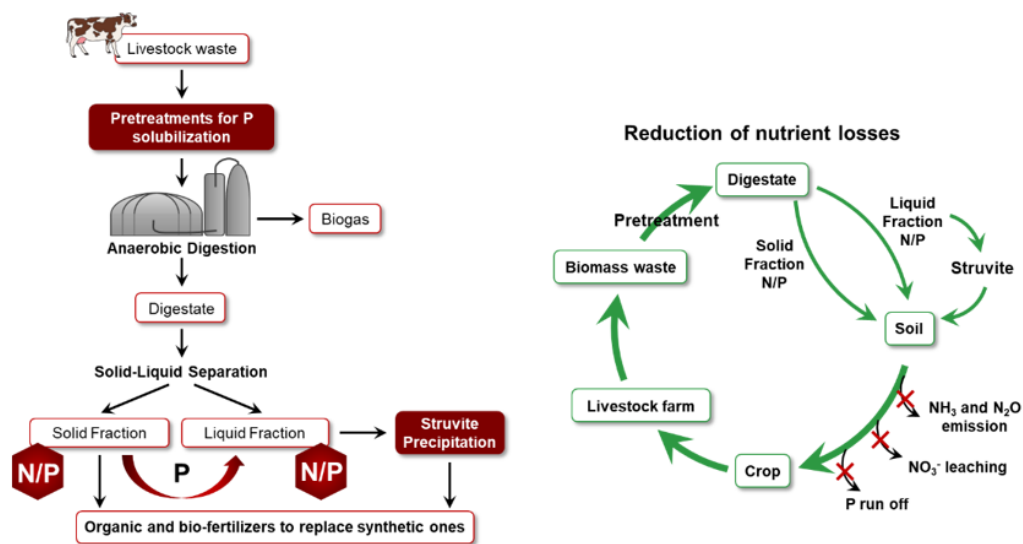
Keywords: Soil ecosystem services · Climate change · Process-based modelling · Vineyard agroecosystem

Mitigating nutrient losses from bio-derived fertilizers: the key role of soil properties

Alice Boarino · Martina Friuli · Giovanni Barbera · Andrea Palermi · Elio Dinuccio · Maria Martin · Michela Schiavon · Daniel Said Pullicino · Luisella Celi

Department of Agricultural, Forest and Food Sciences, University of Turin, Largo Paolo Braccini 2, 10095 Grugliasco, Italy

The use of livestock-derived products in agriculture can improve soil fertility and organic carbon while reducing dependence on synthetic fertilizers. However, these materials often contain unbalanced nutrient ratios, leading to excess nitrogen and phosphorus that contribute to soil, air and water pollution through nitrate leaching, ammonia volatilization, nitrous oxide emissions, and phosphorus run-off. This study explores strategies to mitigate nutrient losses by optimizing livestock-based fertilizers to better match crop nutrient demand, while evaluating how soil properties influence the effectiveness of these approaches. Cattle slurry was pre-treated using hydrodynamic cavitation combined with enzymatic hydrolysis (phytase and a mixture of cellulase, hemicellulase, and pectinase) prior to anaerobic digestion. This process enhanced P solubilization, transferring phosphorus from the solid to the liquid fraction of the digestate, allowing efficient recovery of ammonium and phosphate as struvite, a slow-release fertilizer. Additionally, the pre-treatment increased the N:P ratio of the solid fraction from 6.4 to 9.6, better aligning with crop requirements. The resulting products were tested on soils collected from the A horizon of two regosols with similar low N and P contents but differing in texture and pH. A greenhouse experiment was conducted with **Lolium multiflorum** Lam, comparing conventional mineral fertilization to partial or full substitution with pre-treated and untreated digestate solids and recovered struvite. All treatments efficiently supported plant growth while substantially reducing N losses via nitrate leaching, nitrous oxide and ammonia emissions, as well as P run-off. Notably, the effectiveness of nutrient loss reduction was strongly influenced by soil properties. This study provides important insight into the critical role of soil properties in determining the success of pollution mitigation strategies using bio-derived fertilizers. This work has been financed by the European Union's Horizon Europe research and innovation programme for the ECONUTRI project (Grant Agreement number 101081858).



Keywords: Bio-derived fertilizers · Nutrient losses · Struvite · Soil properties

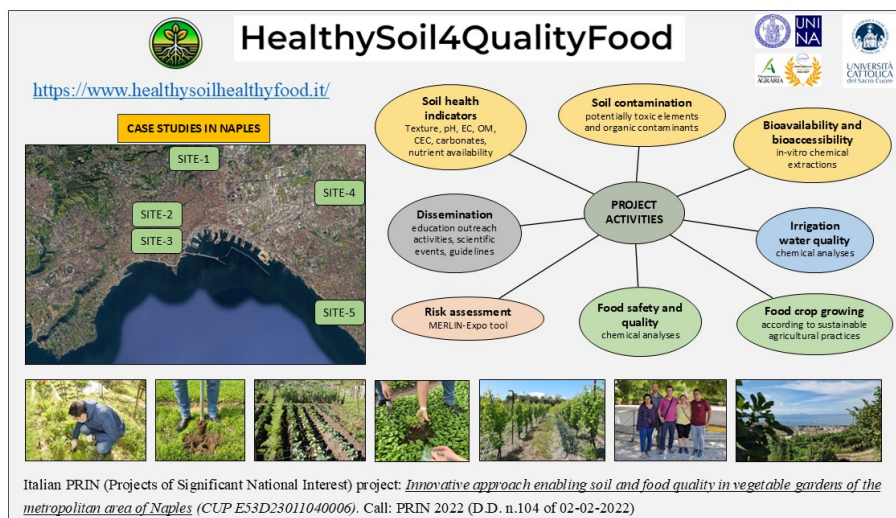
Soil health assessment in urban agricultural systems of Naples, Italy

Antonio G. Caporale¹ · Nicoleta Suci² · Francesco A. Carbone¹ · Ghada Arbi² · Paola Adamo¹

¹ Department of Agricultural Sciences, University of Naples Federico II, Piazza Carlo di Borbone 1, Portici, Italy

² Department for Sustainable Food Process, Università Cattolica del Sacro Cuore, Via Emilia Parmense 84, 29122 Piacenza, Italy

In recent decades, the metropolitan area of Naples has undergone extensive soil consumption and urban expansion, even as the population has gradually declined since 2013. To date, approximately 35% of the area is covered by sealed urban surfaces (ISPRA, 2024). While some of the remaining land is used for agriculture and local food production, there is limited data on the soil health and crop safety. To address this gap, the 2-year HealthySoil4QualityFood PRIN-2022 project conducted research primarily aimed at: i) assessing soil health and potential chemical contamination in vegetable gardens of Naples metropolitan area; ii) analysing the chemical profile of edible plants, including nutrients, bioactive compounds, and contaminants; iv) identifying possible risks associated with contamination. Five case studies were selected based on their geographical distribution, proximity to possible contamination sources, types of land use (such as community gardens and educational green spaces) and stakeholders. These sites are located in the Naples districts of Capodimonte, Ponticelli, and Vomero, as well as in the nearby municipality of Portici. Soil physicochemical indicators highlighted an overall good health of urban soils, with a sandy loam texture, neutral to slightly alkaline pH, adequate nutrient availability, and low to moderate content and bioavailability of potentially toxic elements and organic contaminants. Further (bio)chemical investigations are better assessing soil health in selected samples where the total lead content exceeds the Italian legal limit (up to 5-fold). Monitoring of food crops across different growing seasons has shown high nutritional value and good safety level, comparable to produce from less urbanized rural areas. To evaluate possible risks, the project used the MERLIN-Expo tool to model realistic contamination scenarios. By its conclusion in February 2026, HealthySoil4QualityFood will bring together all findings to create a set of indicators to support the sustainable use and management of urban soils for safe food production.



Keywords: Soil health · Urban agriculture · Contamination · Indicators

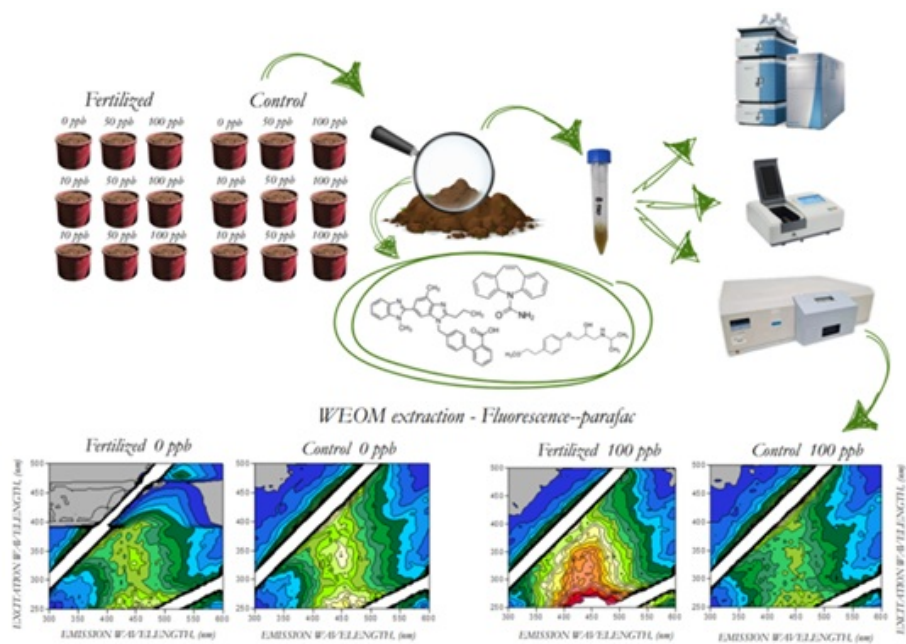
Ruolo della WEOM nel destino ambientale di farmaci e pesticidi nei suoli contaminati

Giuseppe Placido Ciardo^a · Francesco De Mastro^{a,*} · Pietro Nigro^a · Francesca Digregorio^a ·
Giuseppe Perri^a · Erica Pontonio^a · Claudio Cocozza^a · Gennaro Brunetti^a

^a Dipartimento di Scienze del Suolo, della Pianta e degli Alimenti, Università degli Studi di Bari Aldo Moro, Via
Giovanni Amendola 165/a, 70126 Bari, Italy

* Corresponding author: francesco.demastro@uniba.it

La presenza di residui di sostanze attive di farmaci e agrofarmaci nei suoli rappresenta una crescente preoccupazione ambientale a causa del potenziale rischio ecotossicologico e probabile trasferimento nella catena alimentare. Una parte significativa del destino ambientale di questi composti dipende dalle interazioni con la sostanza organica del suolo. In particolare, la frazione idrosolubile della sostanza organica (WEOM, Water Extractable Organic Matter) potrebbe rivestire un ruolo cruciale nella mobilità, biodisponibilità e persistenza dei contaminanti. Tuttavia, le interazioni di tali contaminanti organici con la WEOM è ancora poco approfondita. Il presente lavoro si propone di valutare il comportamento di differenti sostanze attive in un suolo contaminato, con particolare attenzione alle interazioni con la WEOM per comprendere in che misura tale frazione influenzi il trasporto, la stabilità e la potenziale disponibilità dei composti studiati, fornendo indicazioni utili per strategie di monitoraggio e mitigazione del rischio ambientale. I campioni di suolo contaminato sono stati sottoposti a estrazioni sequenziali per isolare la WEOM. Le soluzioni ottenute sono state sottoposte ad analisi mediante tecniche spettroscopiche (fluorescenza, UV-VIS e FT-IR) e di cromatografia liquida accoppiata alla spettrometria di massa, con l'obiettivo di valutare le eventuali trasformazioni della WEOM e quantificare i contaminanti presenti. Sono stati inoltre considerati parametri fisico-chimici della stessa WEOM (composizione molecolare, aromaticità, rapporto E4/E6, indice di umificazione) per correlare le caratteristiche della matrice con la dinamica dei contaminanti. I dati preliminari evidenziano una variabilità significativa nella capacità della WEOM di trattenere o mobilizzare i diversi contaminanti. Alcuni composti mostrano affinità per la frazione organica solubile, suggerendo un potenziale aumento della persistenza e della mobilità, mentre altri tendono a degradarsi o legarsi debolmente, riducendo la loro disponibilità. Le differenze osservate sembrano strettamente correlate alla polarità e alla struttura molecolare dei farmaci.



Keywords: contaminanti emergenti · qualità del suolo · interazioni suolo-contaminante

Microplastiche in campioni di suolo e biosolidi: valutazione quantitativa mediante spettroscopia NIR e approccio multivariato

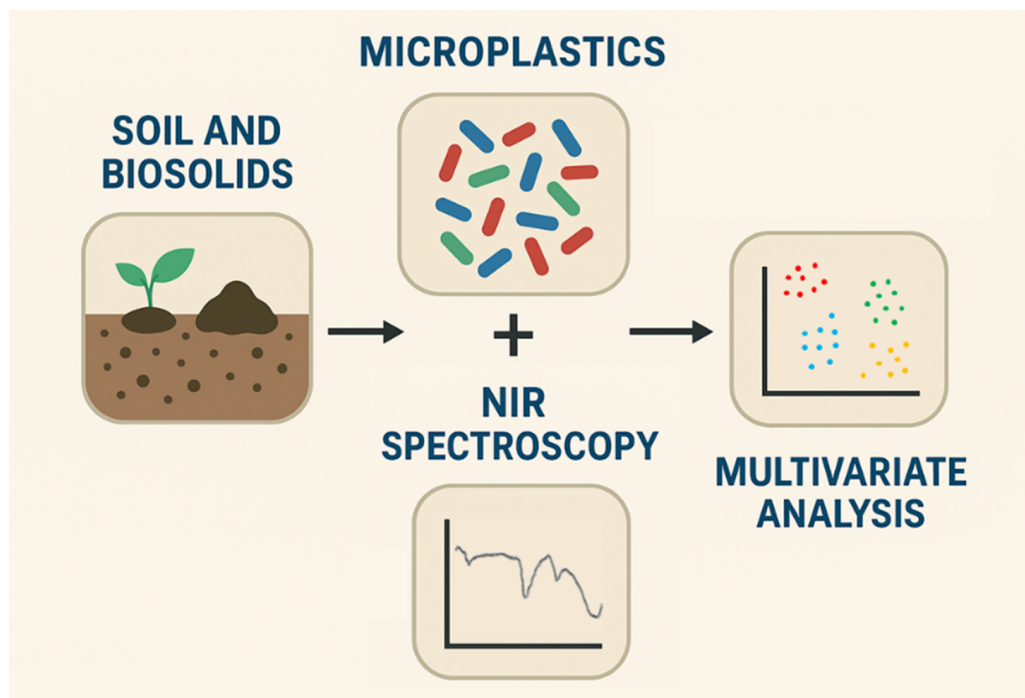
Luana Circelli^{1,*} · Erika Di Iorio¹ · Zhongqi Cheng^{2,3} · Ruggero Angelico¹ · Martina Cusano¹ · Claudio Colombo¹

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

² Department of Earth and Environmental Sciences, Brooklyn College, City University of New York, NY, USA

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

La crescente attenzione verso l'inquinamento da microplastiche ha progressivamente ampliato il focus dagli ecosistemi marini a quelli terrestri, oggi riconosciuti come potenziali serbatoi di accumulo ancora più rilevanti. Se le attività industriali rappresentano una fonte primaria di contaminazione, le pratiche agricole contribuiscono in modo sostanziale attraverso l'impiego di film pacciamanti, tubi per l'irrigazione, serre e l'utilizzo di compost e ammendanti organici. Nonostante l'interesse scientifico crescente, la quantificazione delle microplastiche in matrici complesse come il suolo è ancora priva di protocolli standardizzati. La presenza di sostanza organica costituisce un ulteriore fattore di interferenza che richiede fasi preliminari di ossidazione per un'estrazione e un'identificazione dei polimeri corrette. In questo contesto, l'applicazione di tecniche spettroscopiche accoppiate ad analisi multivariata può rappresentare un approccio rapido, non distruttivo e a basso costo per valutare la contaminazione da microplastiche. Il presente studio esplora il potenziale della spettroscopia nel vicino infrarosso (NIR) per la quantificazione dei polimeri sintetici in matrici con diverso contenuto di sostanza organica. Sono stati analizzati campioni di suolo sabbioso a basso contenuto organico e di biosolidi derivanti dal trattamento delle acque reflue, ai quali sono state aggiunte concentrazioni note di microplastiche. I risultati preliminari indicano che la spettroscopia NIR permette di distinguere i diversi tipi di polimeri dal fondo della matrice. Tuttavia, la variabilità del contenuto di sostanza organica incide sulla robustezza predittiva dei modelli di regressione multivariata. Questi risultati suggeriscono che l'approccio proposto possa costituire una promettente metodologia per la rapida quantificazione e la mappatura delle microplastiche nei suoli, supportando l'individuazione delle aree a rischio e la definizione di strategie di monitoraggio.



Keywords: Microplastic contamination · NIR spectroscopy · Multivariate analysis

Control of boscalid sorption and leaching by wood gasification biochar: implications for sustainable soil management

N. Colatorti^a · C. Carnimeo^a · A. Goni-Urtiaga^b · N. Gonzalez-Polo^b · J.C. Garcia-Gil^b · C. Plaza^b · E. Loffredo^a

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

^b Instituto de Ciencias Agrarias (ICA), CSIC, Madrid, Spain

Soil health is increasingly threatened by intensive agricultural practices, including the widespread use of agrochemicals that contribute to soil contamination, fertility loss, and compromise to water quality. The fungicide boscalid (BOS) is widely employed in horticultural systems where its mobility and persistence can disrupt soil microbial communities and enhance the risks of groundwater contamination. Organic soil amendments are able to counteract these latter processes. Due to its ability to improve soil quality and immobilize contaminants, biochar applied to soil appears to be a promising and sustainable strategy to control pollution. As part of the National Centre Agritech Project, funded by the European Union – NextGenerationEU (PNRR, Mission 4, Component 2, Investment 1.4), this study considered a biochar derived from poplar wood gasification at the temperature of 850 °C. Biochar was preliminarily characterized through Brunauer–Emmett–Teller (BET) analysis, scanning electron microscopy with energy dispersive X-ray spectroscopy (SEM-EDX), inductively coupled plasma atomic emission spectroscopy (ICP-AES), and Fourier transform infrared spectroscopy (FTIR). Its capacity to adsorb BOS and reduce its leaching in soil was evaluated by studying sorption kinetics, sorption/desorption isotherms at different temperatures, and soil leaching in column experiments. BOS adsorption followed a pseudo-second-order kinetic model, indicating chemisorption as the main mechanism, while the Freundlich isotherm described well the sorption/desorption processes, with adsorption constants that increased as the temperature increased from 10 to 30 °C. Desorption tests revealed minimal BOS release, suggesting strong retention and long-term immobilization. Column experiments showed that biochar addition to soil (1–5% w/w) significantly reduced BOS mobility, with up to 90% of the compound retained in the upper soil layer (0–2 cm) at the highest application rate. These results highlight the potential of gasification biochar to immobilize persistent pesticides, thereby reducing their transfer into natural waters and mitigating contamination risks in intensive agricultural systems.

Keywords: Pesticide dynamics · Organic pollutant · Soil amendment

Contaminazione multi-metallo del suolo in mesocosmo: fingerprint metabolici del mais per il monitoraggio della salute del suolo

Vincenza Cozzolino^{1,2} · Mariavittoria Verrillo^{1,2} · Davide Savy¹ · Bianca Maria Senizza³ · Luigi Lucini³ · Alessandro Piccolo^{1,2}

¹ Dipartimento di Agraria, Università di Napoli Federico II

² Centro di Ricerca Interdipartimentale sulla Risonanza Magnetica per l'Ambiente, l'Agro - Alimentare ed i Nuovi Materiali (CERMANU)

³ Università Cattolica del Sacro Cuore, Piacenza, Italy

Il monitoraggio dei suoli contaminati è una priorità crescente, soprattutto in aree segnate da eredità industriali e smaltimenti illeciti. Nell'ambito del progetto STOPP finanziato da ASI, abbiamo sviluppato una piattaforma di mesocosmi per simulare condizioni quasi realistiche e valutare la risposta del mais (*Zea mays* L.) a una contaminazione multielemento del suolo. Grandi contenitori (≈ 550 kg di suolo) sono stati riempiti con un suolo franco-argilloso addizionato artificialmente con cromo (Cr), piombo (Pb) e zinco (Zn) a concentrazioni 4 volte superiori ai limiti di legge; un suolo non contaminato ha rappresentato il controllo. Alla raccolta abbiamo misurato biomassa epigea e ipogea, concentrazioni totali e biodisponibili dei metalli nel suolo, accumulo dei metalli in foglie e fusti, e condotto una metabolomica untargeted delle foglie tramite UHPLC-QTOF. I risultati mostrano una significativa riduzione della biomassa in condizioni contaminate, indicativa di forte stress della pianta. L'accumulo nei tessuti è risultato elemento-dipendente, con lo Zn caratterizzato dalla maggiore traslocazione e Cr dalla minore. La biodisponibilità nel suolo ha seguito l'ordine $Zn > Pb > Cr$ ed è risultata correlata ai pattern di accumulo. L'analisi metabolomica, combinata con analisi multivariata, ha identificato 211 metaboliti significativamente alterati (amminoacidi, acidi grassi, flavonoidi, terpenoidi, polifenoli, composti aromatici). Tra questi, sei biomarcatori emergono come promettenti indicatori di stress indotto da metalli nel mais: 3- β -D-Galactosyl-sn-glycerol, 8'-Apo- β -carotenale, N,N-Dihydroxytrihomomethionine, Hopan-22-ol, Indole-3-lattato e Luteolina 7-O- β -D-glucoside. Le loro funzioni (stabilizzazione di membrana, chelazione dei metalli, mitigazione dello stress ossidativo, regolazione ormonale) suggeriscono meccanismi adattativi attivati dalla tossicità multi-metallo. Nel complesso, emerge il ruolo centrale del metabolismo secondario nella resilienza della pianta alla contaminazione. La combinazione di metabolomica untargeted e strumenti statistici avanzati consente di delineare fingerprint metabolici robusti; integrata con telerilevamento e sensing di prossimità, abilita strategie non invasive e scalabili per la valutazione della salute del suolo e il monitoraggio ambientale in agroecosistemi contaminati.

Keywords: Metabolomica · Metalli pesanti · *Zea mays* · Soil Health

Dai processi del suolo agli indicatori per le politiche: integrare biodiversità, pratiche e strumenti digitali per la Soil Health (SOILRES)

Vincenza Cozzolino^{1,2} · Riccardo Spaccini^{1,2} · Giovanni Vinci²

¹ Dipartimento di Agraria, Università di Napoli Federico II

² Centro di Ricerca Interdipartimentale sulla Risonanza Magnetica per l'Ambiente, l'Agro - Alimentare ed i Nuovi Materiali (CERMANU)

SOILRES, progetto Horizon Europe (Mission Soil), affronta il declino della salute del suolo e della resilienza colturale dovuto all'uso eccessivo di agrochimici e agli impatti del cambiamento climatico, promuovendo pratiche agricole sostenibili che valorizzano la biodiversità e le interazioni suolo-pianta-microbiota. L'approccio integra co-creazione con gli stakeholder, sviluppo di metodi agroecologici e strumenti digitali per una gestione misurabile della Soil Health. Saranno realizzate sessioni partecipative per definire requisiti e priorità; verranno sviluppati ammendanti organici, bioinoculanti e biostimolanti, ed elaborate linee guida e buone pratiche adattate ai contesti locali. Le soluzioni saranno validate in campo in sei casi studio distribuiti in sette siti dimostrativi, rappresentativi di cinque zone agro-climatiche europee: Atlantica (DK), Boreale (FI), Continentale (FR), Pannonica (HU) e Mediterranea (IT, PT). Le prove di campo misureranno proprietà e funzioni del suolo, indicatori di biodiversità, performance agronomiche e impatti ambientali; l'analisi tecnico-economica identificherà barriere e abilitatori per replicare e scalare le pratiche sostenibili. Sul versante digitale, dati di prossimità, UAV e satellitari saranno armonizzati per produrre indicatori dinamici (es. carbonio organico del suolo, pratiche di lavorazione) e integrati nella modellazione del continuum suolo-pianta-clima per valutare scenari gestionali e climatici, con stima esplicita dell'incertezza. Gli output forniranno strumenti previsionali e prodotti geoinformativi utili a responsabili delle decisioni e agricoltori. Allineato al Missions Programme europeo, SOILRES mira a ridurre la dipendenza da input chimici, aumentare la produttività e favorire una più ampia adozione di pratiche pro-biodiversità, contribuendo nel lungo periodo a sicurezza alimentare e sostenibilità ambientale in Europa. In particolare, il progetto collega evidenze processuali e proprietà misurate a indicatori operativi utili per l'implementazione delle politiche (CAP, Mission Soil/Soil Health Law), garantendo tracciabilità e riproducibilità tramite protocolli condivisi e tracciabilità dei dati e workflow riproducibili, nel rispetto dei principi FAIR.

Keywords: Soil Health · Biodiversità · Agroecologia · Digital tools

Variations of nutrients in lemons and soils from two orchards in Sorrento Peninsula (Sorrento Lemon PGI area) and Sele Plain during fruit growth

Emanuela D'Amato¹ · A. Basile² · R. De Mascellis² · S. Vingiani¹ · P. Ruocco¹ · D. Agrelli¹ · L. Ruggiero¹ · C. Di Vaio¹ · C. Amalfitano¹

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

²Istituto per i Sistemi Agricoli e Forestali del Mediterraneo, CNR-ISAFOM, Portici (Napoli)

During growth and ripening of lemons (autumn-winter), soil elemental bioavailability can influence the quality of fruits. In temperate climates elemental bioavailability can increase during this period. In the cultivation of Sorrento Lemon PGI (Femminello cv. Ovale di Sorrento), whose geographical origin requires protection, the evolution of the fruit elemental profile is being monitored in parallel with soil element dynamics. The objective is to search an elemental fingerprint of the lemon with limited interannual variability, thereby providing reliable analytical tool for origin authentication to prevent fraud. For this purpose, previous investigations have identified several non-essential elements, whose accumulation can depend on a variability of nutrient uptake. In this study, attention was focused on the dynamics of essential and beneficial elements in the lemons and soils. The results refer to the 2025 production of the PGI lemon from Massa Lubrense and of cv Ovale di Sorrento from Eboli (Sele Plain, Campania). The two orchards are characterised by distinct microclimates and differences in soil properties. The soils of Massa Lubrense were developed from volcanic parent material originated by the activity of Phlegraean Fields and Somma-Vesuvius complex and overlay the carbonatic rocks of the Apennine reliefs. The soils of Eboli developed from sedimentary rocks of alluvial terraces belonging to the Sele river plain. Content of bioavailable nutrients differ between the two soils, but macronutrients generally increase with time. Some differences in behavior are observed for micronutrients. Macronutrients appear to be regulated by seasonal soil water availability, which is comparable in both locations, and by the associated biotic activities that exert a major influence on pH, carbonates and organic matter dynamics. For micronutrients, the influence of these seasonal environmental conditions may be more complex in shaping their chemical equilibria. For macronutrients, the increase in soil bioavailability is generally consistent with their accumulation in lemon; however, higher bioavailability does not necessarily correspond to greater accumulation in the fruit. Further investigations are currently underway.

Research funded by “Finanziamento dell’Unione europea – Next Generation EU”. Contributo alla spesa a valere sulla Missione 4 – Componente 2. Dalla Ricerca all’Impresa – Investimento 1.1. Fondo per il Programma Nazionale della Ricerca (PNR) e Progetti di Ricerca di Rilevante Interesse Nazionale (PRIN)

Keywords: Nutrient dynamics · PGI lemon · Soil–plant relations · Elemental fingerprinting

Assessing innovative biodegradable mulching films using microarthropods

Lorenzo D'Avino^{1,*} · Miguel Angel Gambelli¹ · Claudia Becagli¹ · Marco Pittarello² · Sara Paliaga³ · Vito Armando Laudicina³ · Maria Beatrice Coltelli⁴ · Antonio Gelsomino²

¹ CREA, Research Centre for Agriculture and Environment, Firenze, Italy

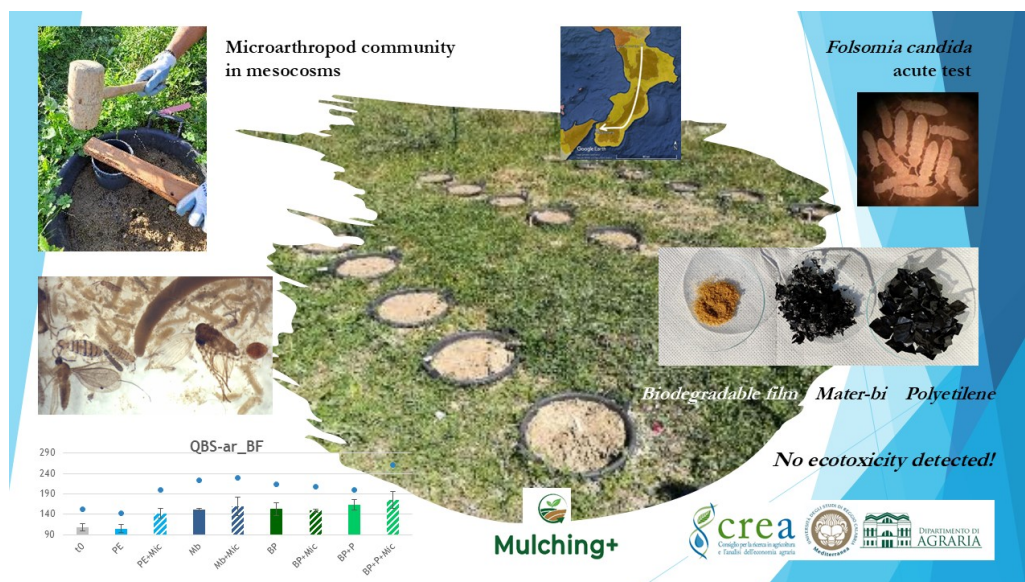
² Department of Agriculture, Mediterranean University of Reggio Calabria, Italy

³ University of Palermo, Department of Agricultural, Food and Forest Sciences, Italy

⁴ University of Pisa, Department of Civil and Industrial Engineering; INSTM, Pisa, Italy

* Correspondence: lorenzo.davino@crea.gov.it

Polyethylene (PE) mulching films are source of heavy pollution in agricultural soils. The development of biopolymers based biodegradable mulching films allows soil contamination to be avoided and additionally reduces the environmental impact of their disposal. Furthermore, nutrient enriched mulching films can feed the soil with nutrients at the end of the crop cycle. This study compared biopolymers mulching films (BPMFs), enriched or not with monoammonium phosphate (MAP) and microbial extracts, with polyethylene and Mater-Bi® films. The ecotoxicological evaluation of the biopolymers was carried out using the non-target model organism *Folsomia candida*, a soil microarthropod, in acute toxicity tests. In buried mesocosms, the biological quality of the soil based on microarthropods (QBS-ar) was evaluated by comparing various mesofauna parameters and indices with physicochemical and biochemical ones. The variation was then compared with the values obtained in mesocosms mulched with PE. Neither the films nor their components exhibited acute toxicity at double concentrations used in field applications. Mesocosms treated with the biopolymers showed improvements in biological soil quality. BPMFs can be used to improve soil quality and reduce field plastic pollution.



Keywords: polyethylene · monoammonium phosphate · biopolymers · mulching films · QBS-ar · QBS-ar_BF · microarthropods · soil quality

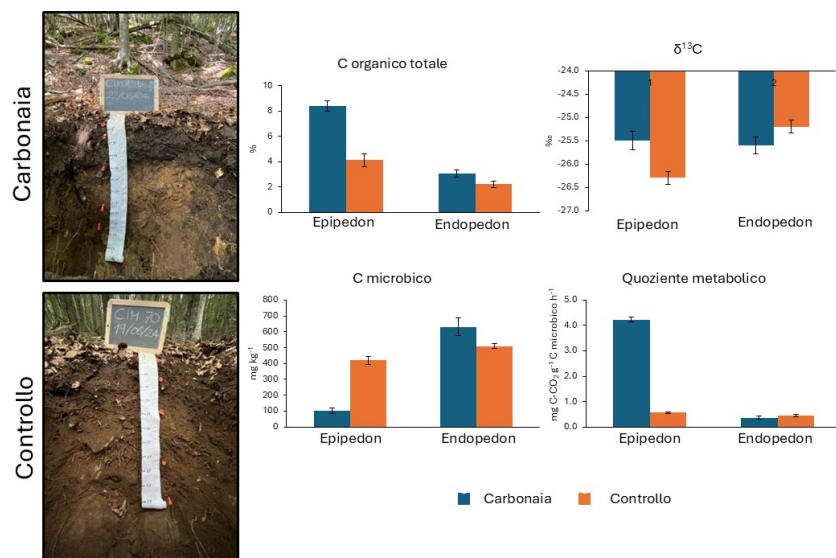
Eredità delle carbonaie: suoli ricchi di carbonio ma con inefficiente attività microbica

Mauro De Feudis^{1,*} · William Trenti¹ · Gloria Falsone¹ · Livia Vittori Antisari¹

¹ Dipartimento di Scienze e Tecnologie Agro-Alimentari, Alma Mater Studiorum–Università di Bologna, Bologna

* Corresponding author: mauro.defeudis2@unibo.it

La produzione di carbone vegetale è stata una delle principali fonti di reddito per le popolazioni montane. Nonostante l'elevata distribuzione delle carbonaie a livello nazionale e europeo, l'impatto delle carbonaie sul suolo è ancora poco conosciuto. Lo scopo di questo lavoro è valutare l'effetto della produzione di carbone sugli orizzonti pedogenetici in termini di caratteristiche chimiche e biochimiche. Per rispondere a tali obiettivi, in foreste di faggio dell'appennino tosco-emiliano sono stati individuati 3 siti con presenza di carbonaie. Per ogni sito, sono stati scavati profili di suolo sia in carbonaia che al di fuori della carbonaia (controllo) e gli orizzonti identificati sono stati analizzati. I risultati hanno mostrato un "effetto carbonaia" localizzato negli orizzonti minerali più superficiali (epipedon), mentre tale effetto è assente in quelli più profondi (endopedon). Infatti, come atteso, negli orizzonti superficiali è stato osservato un maggior contenuto di carbonio organico (CO) rispetto ai profili di controllo a causa della presenza di carbone. Tale CO ha mostrato valori di $\delta^{13}\text{C}$ più elevati rispetto al controllo a causa dei processi di combustione che favoriscono la perdita di ^{12}C rispetto al ^{13}C . Dal punto di vista biochimico, gli orizzonti più superficiali delle carbonaie hanno mostrato valori di biomassa microbica inferiori rispetto al controllo probabilmente a causa della recalcitranza chimica del carbone che non permette la crescita delle comunità microbiche del suolo. Inoltre, la comunità microbica dei suoli di carbonaia ha mostrato quozienti metabolici più elevati rispetto al controllo indicando condizioni di stress per tali comunità. Tale lavoro dimostrerebbe come la presenza di carbone nel suolo, sebbene permetta al suolo di funzionare come stoccaggio di C, non crea condizioni idonee per le comunità microbiche. Tali condizioni potrebbero avere conseguenze sul ciclo dei nutrienti e potrebbero spiegare l'assenza di rinnovazione vegetale.



Keywords: Appennino · Fagete · Profili di suolo · Carbone vegetale

Acque contaminate da farmaci in agricoltura: impatti sulla qualità del suolo e strategie di mitigazione

Francesco De Mastro^{a,*} · Pietro Nigro^a · Francesca Digregorio^a · Giuseppe Placido Ciardo^a ·
Claudio Coccozza^a · Gennaro Brunetti^a

^a Dipartimento di Scienze del Suolo, della Pianta e degli Alimenti, Università degli Studi di Bari Aldo Moro, Via
Giovanni Amendola 165/a, 70126 Bari, Italy

* Corresponding author: francesco.demastro@uniba.it

L'impiego di acque reflue trattate per l'irrigazione agricola rappresenta una pratica sempre più diffusa nei contesti caratterizzati da scarsità idrica, in linea con i principi dell'economia circolare e della gestione sostenibile delle risorse idriche. La Direttiva (UE) 2024/3019 sul trattamento delle acque reflue urbane introduce requisiti più rigorosi per la rimozione dei microinquinanti, inclusi i residui di farmaci, e promuove il riutilizzo sicuro delle acque trattate in agricoltura. Tuttavia, la presenza residua di contaminanti emergenti, in particolare farmaci e loro metaboliti, solleva preoccupazioni circa la possibile contaminazione del suolo e l'accumulo nei tessuti vegetali. Questo studio ha analizzato il destino e il comportamento di composti farmaceutici appartenenti a differenti classi chimiche nel suolo e in piante di rosmarino, salvia e basilico irrigate con acque contaminate. Le prove sperimentali hanno evidenziato differenze significative nella concentrazione dei farmaci nei suoli, influenzate dalle proprietà molecolari e dai regimi irrigui. Carbamazepina e fluconazolo, caratterizzati da elevata lipofilia e resistenza alla biodegradazione, sono risultati i composti più persistenti e gli unici traslocati nelle parti eduli delle piante. Non è stata rilevata contaminazione negli oli essenziali estratti. L'assenza degli altri farmaci può essere attribuita alla loro forma anionica, che ne limita l'adsorbimento e ne favorisce la lisciviazione. I risultati ottenuti hanno permesso di individuare buone pratiche agronomiche per mitigare il rischio di contaminazione: ottimizzazione dei regimi irrigui, tecniche di biorisanamento, sospensione temporanea dell'irrigazione prima della raccolta e selezione di specie e varietà con minore capacità di accumulo. Tali evidenze rappresentano un contributo utile sia per gli operatori agricoli sia per i decisori politici, al fine di sviluppare pratiche agricole che permettano l'uso sicuro e sostenibile delle acque reflue garantendo la qualità dei prodotti e la tutela del suolo.



Keywords: contaminanti emergenti · fitodepurazione · qualità del suolo

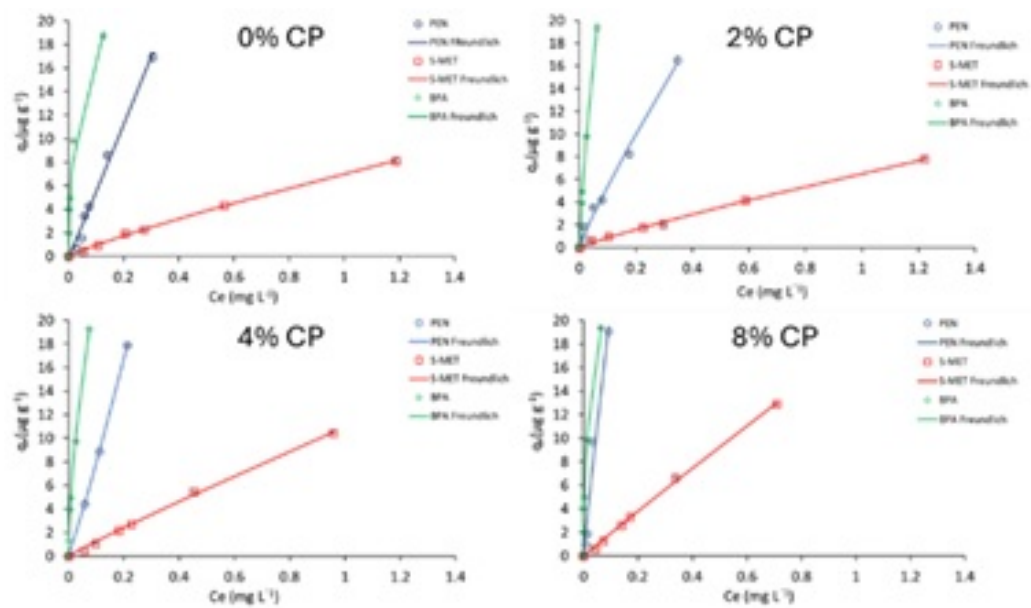
Compost as biosorbent of organic xenobiotics in amended soil

N. Denora^{1,*} · E. Campanale¹ · E. Loffredo¹

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

* Corresponding author: nicola.denora@uniba.it

Anaerobic digestion (AD) technology has gained increasing interest since it combines multiple benefits, such as the disposal of agrozootechnical waste, the production of bioenergy, and carbon sequestration in the solid by-product digestate (DG). Excessive or inadequate addition of pesticides and incompletely decontaminated solid and liquid waste in agricultural systems has contributed to soil pollution, posing risks to ecosystems and food security. As part of the PRIN 2022 PNRR Project, P20223YAYP, funded by the European Union – NextGenerationEU, Mission 4, Component 2, Investment 1.1, this study evaluated the effects of 2%, 4% and 8% digestate-derived compost (CP) on the retention/release of the fungicide penconazole (PEN), the herbicide S-metolachlor (S-MET) and the xenoestrogen bisphenol A (BPA) in an agricultural soil sampled in Valenzano, Southern Italy. Experimental sorption isotherm data of the three compounds on unamended and CP-amended soil were interpreted using the linear Henry equation and the nonlinear two-parameter Langmuir, Temkin and Freundlich models. The latter model proved to be the best fit for all treatments, indicating heterogeneous surface of the substrates and multilayer adsorption of the compounds. Compared to the unamended soil, the addition of the highest dose (8%) of CP to the soil increased the distribution coefficients of PEN, S-MET and BPA by 281%, 192% and 176%, respectively. Desorption of the two pesticides from all treatments was slow, partial, and only slightly reduced or unaffected by CP addition, whereas BPA release from all treatments was almost null. The correlations between the adsorption coefficients of the three compounds in all soil treatments and the corresponding organic C contents were highly significant, thus confirming the prominent role of native and anthropogenic OM in the adsorption of organic contaminants. Further investigation is underway to assess the long-term adsorption performance of CP under rhizosphere conditions.



Keywords: Pesticide · Industrial pollutant · Adsorption/desorption · Digestate-derived compost

Influence of temperature variation on soil microbial community dynamics after digestate amendment

Jessica Di Mario¹ · Nicolò Montegiove¹ · Monica Paolucci¹ · Alberto Maria Gambelli¹ · Daniela Pezzolla¹ · Ciro Sannino² · Greta Giovagnoli² · Benedetta Turchetti² · Pietro Buzzini² · Giovanni Gigliotti¹

¹ Department of Civil and Environmental Engineering, University of Perugia, Via G. Duranti 93, 06125 Perugia, Italy

² Department of Agricultural, Food and Environmental Sciences, University of Perugia, Borgo XX Giugno, 06121 Perugia, Italy

Climate change is exerting multiple pressures on ecosystems which have severe impacts on soil quality and functionality. Agriculture must adapt to these challenges with innovative practices to balance productivity and environmental protection. Using digestate as a soil amendment is a sustainable strategy, particularly when it represents the final by-product of a biorefinery process. In this study, the application of brewers' spent grain (BSG) digestate in soil was evaluated in a controlled microcosm experiment. Soil samples treated with BSG digestate were incubated in glass jars at two temperature regimes (10 °C and 25 °C), reflecting projected European climate conditions based on IPCC mid-range scenarios. Sampling was carried out after 0, 7, 30, 60, and 180 days. A comprehensive set of analyses was performed, including chemical characterization, measurements of enzymatic activities and evaluation of the structure and composition of soil microbial communities using high-throughput sequencing. Results indicated that CO_2 emissions, closely linked to microbial activity, decreased at 25 °C, and dehydrogenase activity was also strongly influenced by temperature. In addition, urease was affected by digestate, rich in ammonium, which may have triggered a negative feedback regulation. Microbial diversity indexes resulted higher in the BSG digestate compared to the control at both temperatures, especially in the first 30 days. Considering beta diversity analysis, significant differences were observed in both bacterial and fungal community compositions between the digestate and the control, while temperature did not exert a significant effect. In bacteria, Bacillota consistently increased in response to digestate under both thermal conditions, whereas Chloroflexota strongly declined. In fungi, Ascomycota dominated in all treatments, but their relative abundance was lower with digestate, especially at 25 °C. Conversely, Basidiomycota declined under digestate amendment. These findings suggest that digestate amendments can modulate microbial dynamics independently of temperature, supporting their potential role in sustainable soil management under changing climate conditions.

Keywords: Digestate · Microbial community · Temperature effects · Soil amendment

Impiego di scarti agroindustriali e microrganismi benefici per la rigenerazione del suolo e il controllo di *Meloidogyne incognita*

C. Di Natale¹ · C. Porfido¹ · T. D'Addabbo² · C. Altomare³ · M.C. Zonno³ · M. Spagnuolo¹ · P. Veronico² · P. Vernile¹ · F. De Mastro¹ · G. Brunetti¹ · C. Cocozza^{1,*}

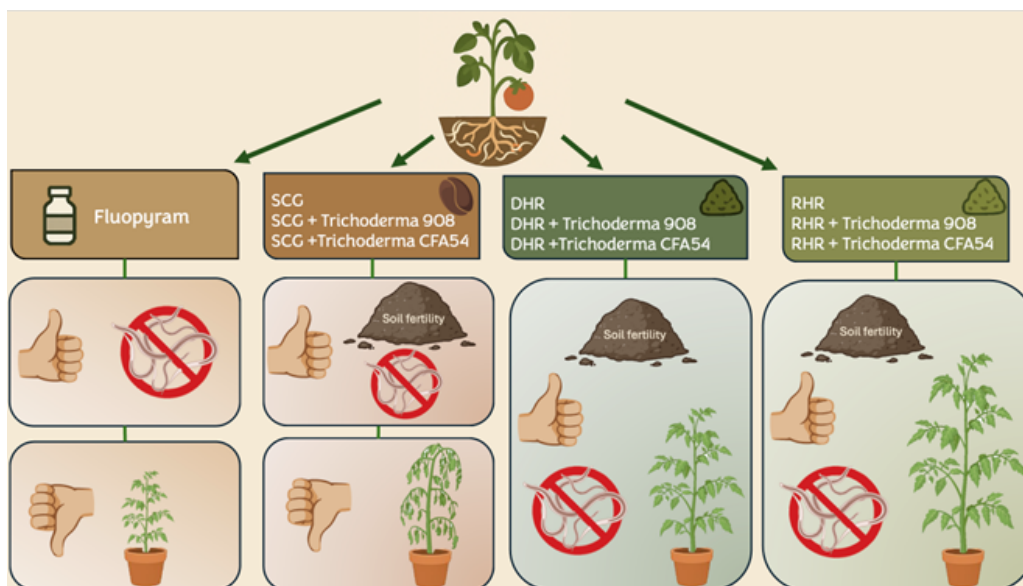
¹ Università degli Studi di Bari, Dip. di Scienze del Suolo, delle Piante e degli Alimenti, Via Amendola, 165/A, 70126 Bari, Italia

² CNR, Istituto per la Protezione Sostenibile delle Piante, Via Amendola 122/D, 70126 Bari, Italia

³ CNR, Istituto di Scienze delle Produzioni Alimentari, Via Amendola 122/O, 70126 Bari, Italia

* Corresponding author: claudio.cocozza@uniba.it

Le attuali normative limitano progressivamente l'impiego di nematocidi chimici, incentivando l'adozione di strategie sostenibili. In questo contesto, il riutilizzo di biomasse da scarti agroindustriali rappresenta un'opportunità per migliorare la fertilità dei suoli e controllare patogeni e parassiti. Infatti, diversi sottoprodotti alimentari presentano un alto contenuto di sostanza organica e possono svolgere il duplice ruolo di ammendanti organici e mezzi tecnici per il controllo dei nematodi. Questo studio ha valutato gli effetti del caffè esausto (SCG), del canapulo (RHR) e del canapulo digerito anaerobicamente (DHR), tal quali o in combinazione con ceppi di *Trichoderma* 908 o CFA54, sulla fertilità del suolo e sull'infestazione da *Meloidogyne incognita* in piante di pomodoro, confrontandoli con il nematocida chimico Fluopyram. Quest'ultimo ha mostrato il miglior controllo dei nematodi (Indice di galle RGI 1,7), ma non i migliori risultati in termini di crescita vegetale. La combinazione RHR+CFA54 ha fornito la migliore crescita delle piante e un buon controllo dei nematodi (RGI 2,3). SCG ha mostrato un effetto di controllo intermedio e una certa fitotossicità, parzialmente mitigata con entrambi i *Trichoderma*. In generale, i suoli ammendati con SCG tal quale e in combinazione con *Trichoderma* 908 e CFA54 hanno mostrato un maggior contenuto di carbonio organico, una maggiore capacità di scambio cationico associata a una maggiore concentrazione di K e Mg scambiabili. SCG, solo in combinazione con i *Trichoderma*, ha presentato un contenuto di N nel suolo significativamente più alto. RHR, in particolare, migliora gli effetti sui parametri sopra citati con l'inoculo dei due *Trichoderma*. DHR, a prescindere dal trattamento, ha mostrato un controllo dei nematodi simile a quello dell'RHR ma un minore impatto positivo sulla fertilità del suolo. Questi risultati indicano che le biomasse, associate a microrganismi benefici, possono migliorare la fertilità del suolo e rappresentare una valida alternativa sostenibile ai trattamenti chimici. Ringraziamenti: Gli autori ringraziano il MUR – PRIN 2022 finanziato dall'Unione Europea – NextGenerationEU.



Keywords: Caffè esausto · Canapulo · Trichoderma spp. · Nematode fitoparassita

Shifts in microbial CUE as a function of available organic C resources and electron acceptors under changing soil redox conditions

Alexine Ehlinger^{1,2} · Andrea Canarini³ · Andreas Richter⁴ · Daniel Said-Pullicino¹

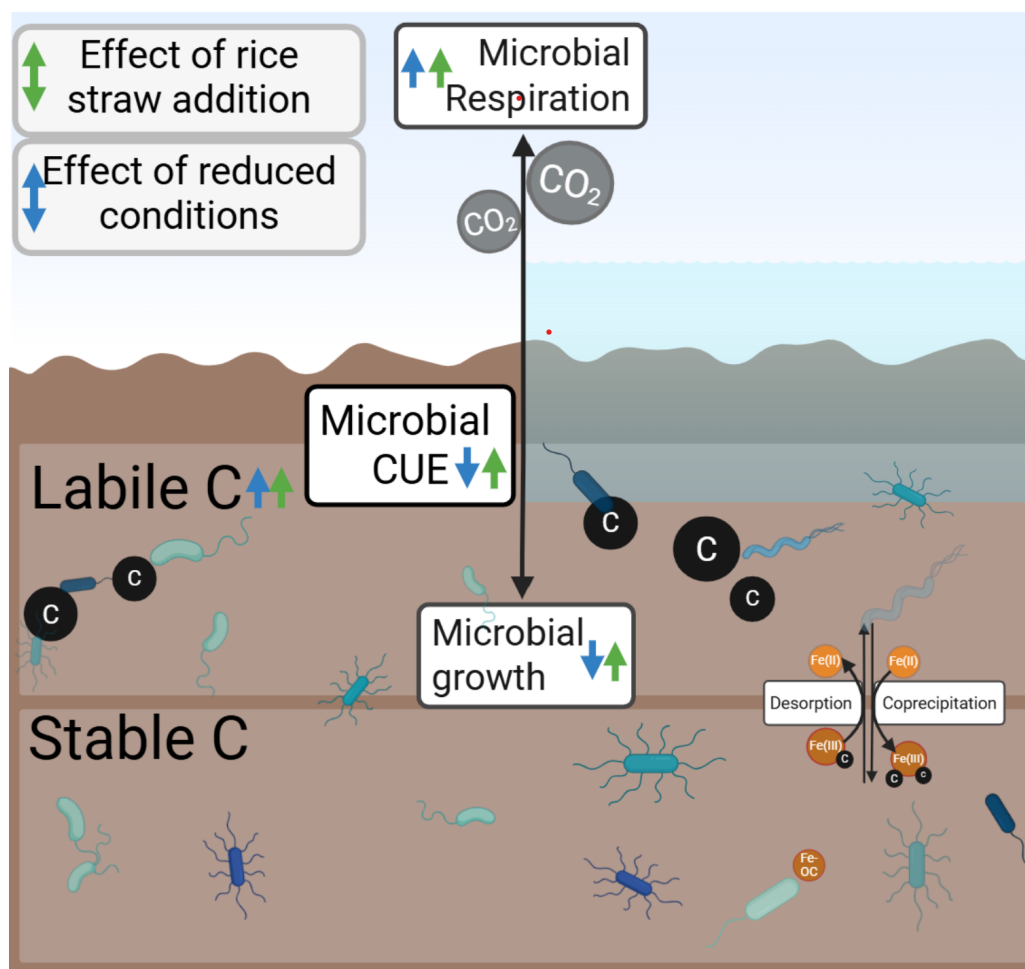
¹ Department of Agricultural, Forestal and Food Science (DISAFA), University of Turin, Turin, Italy

² University Institute of Advanced Studies (IUSS), Pavia, Italy

³ Department of Biological, Geological, and Environmental Sciences, University of Bologna, Bologna, Italy

⁴ Center for Microbial and Environmental Systems Science (CeMESS), University of Vienna, Vienna, Austria

Soil microbial carbon use efficiency (CUE) affects the fate of below-ground C, determining whether it acts as C sources or sinks. CUE is affected by environmental factors but also by the quality and availability of organic C (OC) and electron acceptors, particularly in soils with fluctuating redox conditions. Indeed, in water-saturated soils, like rice paddies, microorganisms shift from using O₂ to alternative electron acceptors, including NO₃⁻ and Fe(III). These changes in metabolism may be accompanied by shifts in microbial community composition, impacting CUE. This work investigates short-term effects of redox changes (i.e. aerobic-to-anaerobic) on microbial physiology in paddy soils, focusing on microbial growth, respiration and CUE, in response to labile OC addition (electron donor) and electron acceptors availability, and their dependence on changes in microbial community structure. A rice paddy soil was incubated under aerobic or anaerobic conditions, with or without rice straw (RS) and NO₃⁻ addition, in a complete factorial design. Soils were sampled on days 4 and 17, and microbial respiration and growth were assessed by measuring CO₂ production and ²H incorporation into PLFAs after D₂O addition. Our results show that, under anoxia, NO₃⁻ was rapidly consumed within the first 4 d, while Fe(III) reduction was most evident by 17 d, especially with RS addition. Reductive dissolution of Fe oxyhydroxides led to an increase in DOC concentrations, further enhanced by RS addition. Microbial respiration was higher and sustained under anoxic condition, while microbial growth was slower, although stimulated by labile C under both redox regimes. CUE was significantly lower under anoxic conditions, and did not increase with RS addition, mainly due to higher respiration rates. This may reflect energy demands to maintain growth but also support microbial community shifts, as suggested by the increased gram-positive and gram-negative bacterial growth over the incubation period.



Keywords: Microbial CUE · redox changes · electron acceptors · electron donors

Optimizing fermentation strategies of *Trichoderma harzianum* using agro-industrial tomato by-product for sustainable soil bioinoculant production

Antonia Esposito¹ · Valeria Scala² · Nikolay Vassilev³ · Loredana Canfora⁴ · Stefano Mocali^{1,*}

¹ Research Centre for Agriculture and Environment, Council for Agricultural Research and Economics (CREA-AA), 50125 Florence, Italy

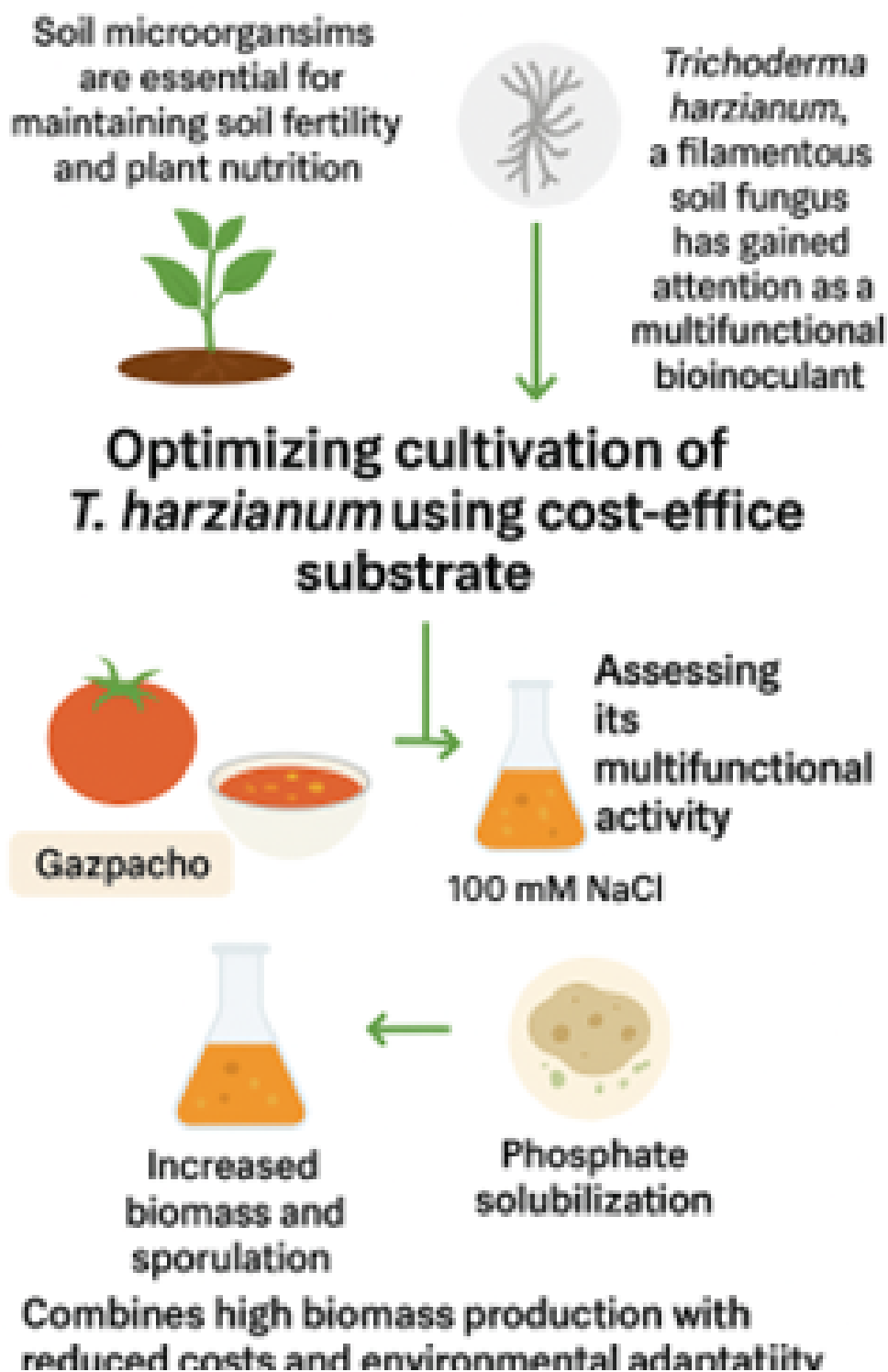
² Research Centre for Plant Protection and Certification, Council for Agricultural Research and Economics (CREA-DC), 00156 Rome, Italy

³ Department of Chemical Engineering, Faculty of Sciences, University of Granada, c/Fuentenueva s/n, Granada, 18071, Spain

⁴ Research Centre for Agriculture and Environment, Council for Agricultural Research and Economics (CREA-AA), 00184 Rome, Italy

* Corresponding author: antonia.esposito@crea.gov.it

Soil microorganisms are essential for maintaining soil fertility and plant nutrition, offering ecological alternatives to increase food production without expanding arable land or causing environmental harm. *Trichoderma harzianum*, a filamentous soil fungus, has gained attention as a multifunctional bioinoculant due to its diverse metabolic capabilities. However, scaling up from laboratory to industrial production remains challenging, particularly in optimizing biomass and conidia yield cost-effectively. This study optimized *T. harzianum* cultivation using cost-effective substrates, specifically evaluating gazpacho, a tomato-based Andalusian food by-product as cheap substrate. We also assessed its multifunctional activity, including the tolerance to salt stress, solubilization of rock phosphate. The results showed that media supplemented with gazpacho significantly increased biomass and sporulation in different fermentations conditions and further increased when subjected to 100 mM NaCl, highlighting the strain's resilience under saline conditions. Moreover, the strain showed phosphate solubilization activity on gazpacho-containing media. These findings highlight the multifunctional potential of *T. harzianum* when cultivated on agro-industrial residues, representing a promising bioinoculant that combines high biomass production with reduced costs and environmental adaptability. The strain's ability to thrive on waste substrates while maintaining beneficial activities positions it as a sustainable solution for modern agriculture, addressing both economic and ecological concerns in bioinoculant production.



Keywords: Trichoderma · Bioinoculant · Fermentation · Agro-industrial waste

Effects of *Trichoderma harzianum* and *Penicillium bilaiae* treatment on enhancing tomato tolerance to salinity stress

Antonia Esposito^a · Valeria Scala^b · Francesco Vitali^a · Marzia Beccaccioli^c · Loredana Canfora^d
· Stefano Mocali^a

^a Research Centre for Agriculture and Environment, Council for Agricultural Research and Economics (CREA-AA), 50125 Florence, Italy

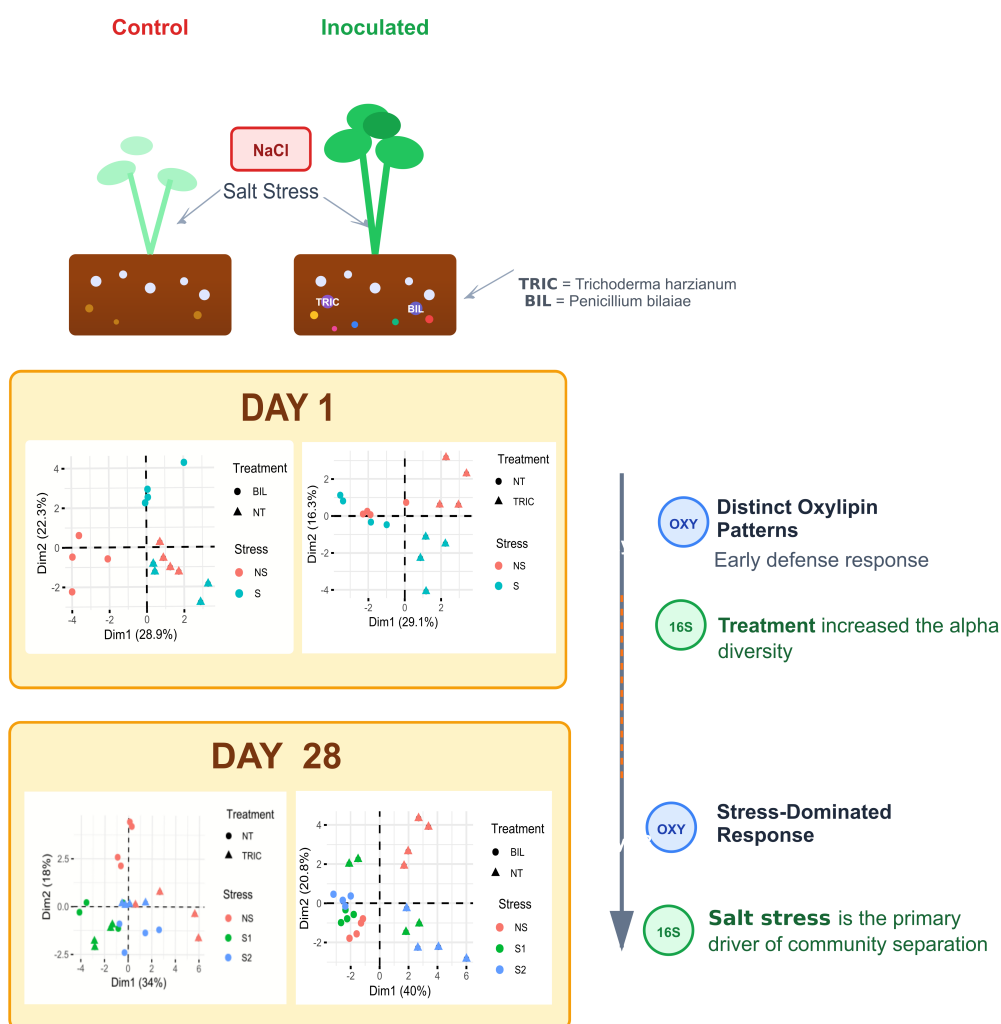
^b Research Centre for Plant Protection and Certification, Council for Agricultural Research and Economics (CREA-DC), 00156 Rome, Italy

^c Department of Environmental Biology, Sapienza University of Rome, 00185 Rome, Italy

^d Research Centre for Agriculture and Environment, Council for Agricultural Research and Economics (CREA-AA), 00184 Rome, Italy

Beneficial soil microorganisms employed as biostimulants offer an eco-friendly strategy for alleviating abiotic stress in horticultural production. This study aims to enhance salinity tolerance in tomato plants through inoculation with the fungal strains *Trichoderma harzianum* and *Penicillium bilaiae*, obtained from the EXCALIBUR H2020 project. Salinity tolerance was evaluated at multiple time points following initial inoculation by analyzing changes in oxylipins as markers linked with plant defense responses, alongside characterization of the soil microbiome associated with tomato plants. Results demonstrated that inoculation with *T. harzianum* and *P. bilaiae* induced distinct oxylipin patterns compared to the control, particularly evident one day after stress application. However, after 28 days, variability in oxylipin profiles was predominantly attributable to the imposed stress itself, with treatment effects becoming less pronounced. Microbiome characterization revealed differences in microbial biodiversity between control and inoculated plants only under saline conditions. Beta diversity analysis showed sample separation based on salt stress treatment, whereas no distinct clustering was observed based on inoculation alone. The present findings indicate that fungal biostimulants *T. harzianum* and *P. bilaiae* modulate plant defense responses during early stages of salt stress. Notably, the absence of effect of inoculants on microbial community structure suggests that the observed plant responses result from fungal-plant signaling rather than indirect effects mediated through microbiome shift.

Effects of *Trichoderma harzianum* and *Penicillium bilajii* treatment on enhancing tomato tolerance to salinity stress



Keywords: Biostimulants · Salinity stress · Oxylipins · Soil microbiome

Soil nutrient balance in natural and managed terrestrial ecosystems

A. Esposito^{1,*} · E. Picariello¹ · M. Gómez-Brandon² · F. Fornasier^{3,4} · Vincenzo Baldi⁵ · Mattia Napoletano⁵ · F. De Nicola¹

¹ Department of Sciences and Technologies, University of Sannio, 82100 Benevento, Italy

² Grupo de Ecoloxía Animal (GEA), Universidade de Vigo, E-36310 Vigo, Spain

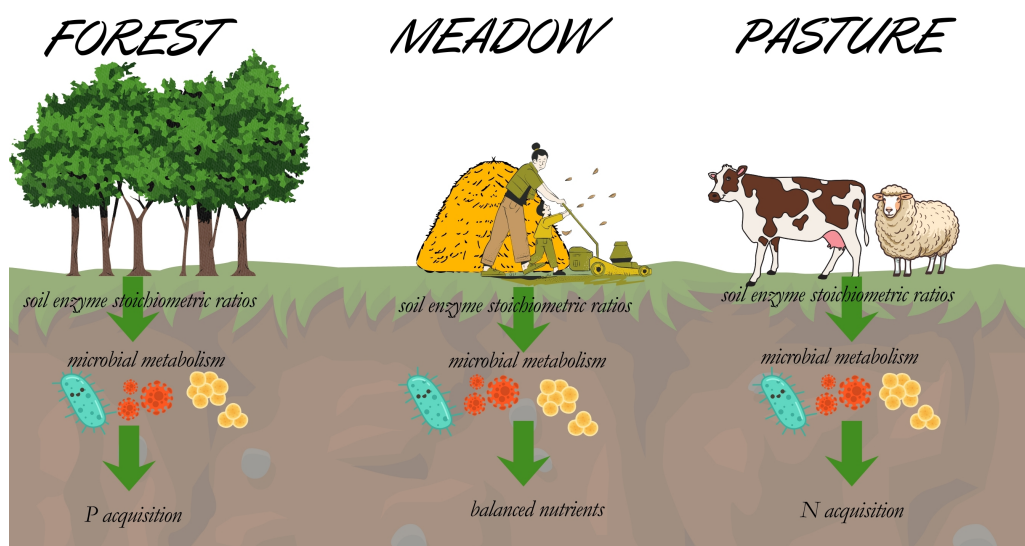
³ CREA Research Centre for Viticulture and Enology, Gorizia, Italy

⁴ SOLIomics s.r.l., Via del Cottonificio 129/B, 33100 Udine, Italy

⁵ Department of Chemistry and Biology “Adolfo Zambelli”, University of Salerno, 84084 Fisciano, Italy

* Corresponding author: a.esposito37@studenti.unisannio.it

Mowing and grazing are among the most common grassland management practices, and the frequency and intensity with which they are applied can reduce soil nutrient availabilities. These alterations may drive microorganisms to increase the production of enzymes associated with the limiting nutrients. This study aimed to investigate how different land uses—and their associated management practices throughout the year—affect microbial strategies for soil nutrient acquisition. To fulfill this aim, in the Matese mountain (Southern Italy), adjacent areas under different land uses (forest–FO, meadow–ME, pasture–PA) were selected, and the soils sampled at four times along the year (T1, T2, T3 and T4), corresponding to specific management practices in ME and PA. Total soil nutrient concentrations (seven macro- and four micronutrients) and twelve soil enzymatic activities involved in carbon (C), nitrogen (N), and phosphorus (P) acquisition by the microbial community were analyzed. Enzyme stoichiometric ratios (E_{CN} , E_{CP} , E_{NP}) as well as length and angle of a vector combining E_{CN} and E_{CP} were calculated to assess soil nutrient acquisition strategies. ECN and ECP showed microbial investment in N and P acquisition rather than in C across all land uses, whereas the higher vector length observed at T2 and T3 in PA and at T3 in ME suggested increased microbial allocation toward carbon acquisition. ENP and the vector angle showed P acquisition in FO, N in PA, and balanced N and P acquisition in ME. These findings highlight the importance of sustainable management practices to preserve soil nutrient balance and of informed, effective environmental policies that strengthen the link between scientific research and soil management.



Keywords: Soil nutrients · Land use · Enzymatic activities · Microbial strategies

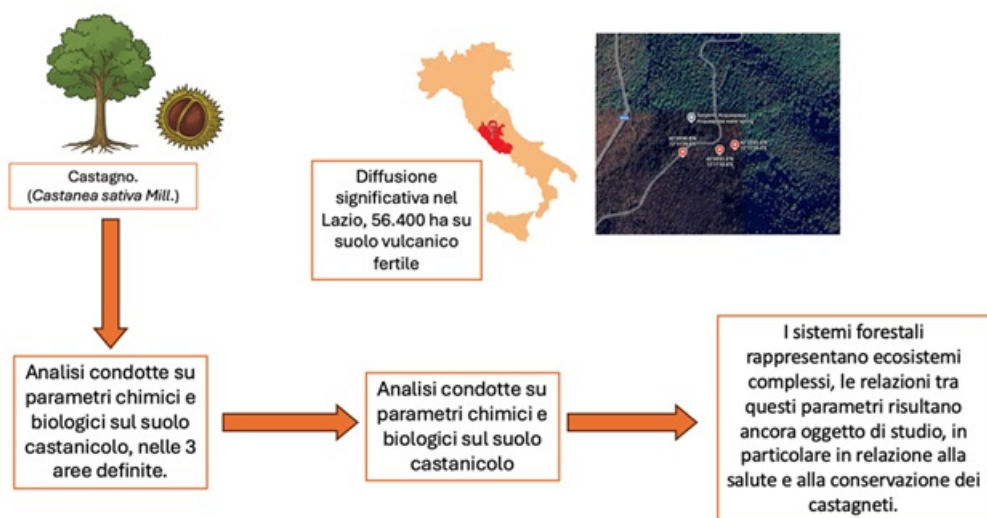
Ecosistemi castanicoli del Lazio: valutazione del suolo e dinamiche del carbonio per la valorizzazione ambientale.

L. Franchi^a · I. De Biasi^a · M. Ianiri^a · S. Lorenzo^a · E. Allevato^b · S.R. Stazi^a

^a Dipartimento di Scienze Chimiche, Farmaceutiche e Agrarie (DOCPAS), Università di Ferrara, Italia

^b Dipartimento di Scienze Ambientali e della Prevenzione (DiSAP), Università di Ferrara, Italia

Il castagno (*Castanea sativa* Mill.) rappresenta una componente significativa del patrimonio forestale italiano, con circa 56.400 ettari, prevalentemente su suoli vulcanici fertili. I boschi cedui di castagno del Lazio rappresentano una risorsa rinnovabile dal potenziale socio-economico importante, soprattutto per le aree interne. Il progetto “performance ambientali di questi ecosistemi e gestione forestale sostenibile del castagno” (PSR LAZIO-PROGRAMMA DI SVILUPPO RURALE 2014-2020. CUP F89H23000080009) si propone di definire la tipicità e le funzioni ambientali “non convenzionali” dei suoli del castagno, focalizzandosi sulla dinamica del carbonio e sulla composizione delle comunità microbiche. Le attività condotte tra il 2024 e il 2025 hanno riguardato la valutazione delle proprietà fisico-chimiche e biologiche dei suoli. Lo studio è stato effettuato nei boschi cedui di castagno a Soriano al Cimino (VT). Il campionamento è stato realizzato lungo un transetto di 100 m, suddiviso in tre aree distanziate di circa 50 m, con 4 campioni prelevati per ciascuna area. I suoli mostrano una reazione leggermente acida, e una significativa variabilità del P disponibile tra le aree di indagine. Inoltre, dati emerge che i suoli di tipo forestale presentano un elevato contenuto di carbonio organico, il quale esercita un’influenza significativa sulla composizione delle comunità microbiche del suolo. Anche altri fattori ambientali contribuiscono a determinare la struttura e la qualità di tali comunità. Dalle analisi biologiche si evidenziano differenze nella biomassa microbica e nella respirazione tra le aree studiate, indicative di comunità con diverso grado di attività metabolica. Mentre la caratterizzazione della comunità microbica mediante estrazione dei fosfolipidi di membrana (EL-FAME: ester-liked fatty acid methyl esters), è emerso un predominio della biomassa batterica, con differenze significative tra le aree nella composizione fungina. Tuttavia, poichè i sistemi forestali rappresentano ecosistemi complessi, le relazioni tra questi parametri risultano ancora oggetto di studio, in particolare in relazione alla salute e alla conservazione dei castagneti. Saranno presentati i risultati preliminari.



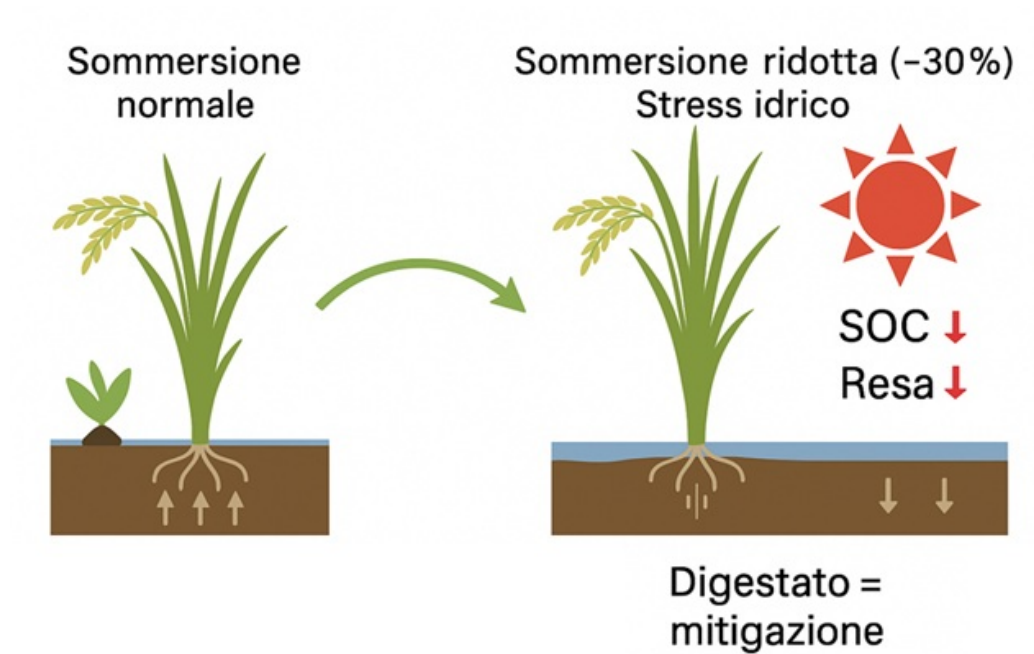
Keywords: Suolo forestale · Servizi ecosistemici · Suoli vulcanici · Biomassa microbica

Digestato e stress climatici: effetti sulla dinamica del carbonio e sulla resa colturale nei suoli di risaia

Beatrice Giannetta¹ · Giorgio Galluzzi² · Claudio Zaccone²

¹ Dipartimento di Scienze Agrarie, degli Alimenti, delle Risorse Naturali e dell'Ingegneria, Università di Foggia, Italia; ² Dipartimento di Biotecnologie, Università di Verona, Italia

I suoli di risaia rappresentano un agroecosistema di importanza globale, fondamentale per la produzione di riso (*Oryza sativa* L.) e per la loro capacità di immagazzinare carbonio organico (SOC). Tuttavia, l'aumento delle temperature e la riduzione della disponibilità idrica, indotti dai cambiamenti climatici, compromettono la fertilità e la resilienza di tali sistemi, con possibili ripercussioni sulla produttività e sulla sostenibilità ambientale. Questo studio ha valutato gli effetti dell'applicazione di digestato anaerobico sulla dinamica della sostanza organica del suolo e sulla resa produttiva del riso, in condizioni di stress termico e idrico simulato. È stato condotto un esperimento in campo che ha considerato tre fattori: ammendamento (digestato, DS; controllo non ammendato, UN), temperatura (ambiente, AM; aumento della temperatura +2 °C, WR) e regime idrico (inondazione normale, NF; ridotta del 30%, RF). Nel periodo 2023–2024 è stata osservata una riduzione del SOC sia nei suoli DS (da ~13,8 a 12,0 g kg⁻¹) che nei suoli UN (da ~18,2 a 14,8 g kg⁻¹), con perdite fino al 15% superiori nei trattamenti sottoposti a stress termico. L'applicazione di digestato ha tuttavia attenuato parzialmente tali perdite, in particolare in condizioni di inondazione normale. Il rapporto C/N è diminuito, indicando una maggiore disponibilità di azoto, mentre la resa del riso è calata in tutte le condizioni sperimentali, con riduzioni del 40–60% dovute allo stress termico; anche in questo caso, il digestato ha mostrato un certo effetto “tampone”. Nel complesso, i risultati hanno evidenziato che l'impiego del digestato può contribuire all'attuazione delle politiche italiane ed europee per la gestione sostenibile del suolo, quali il Piano Strategico PAC 2023–2027, la Strategia Nazionale per il Suolo e il PNRR, promuovendo pratiche sostenibili e circolari per il miglioramento della fertilità del suolo e la resilienza climatica dei sistemi agroalimentari.



Keywords: Soil organic carbon · Climate stress · Digestate amendment · Rice agroecosystems

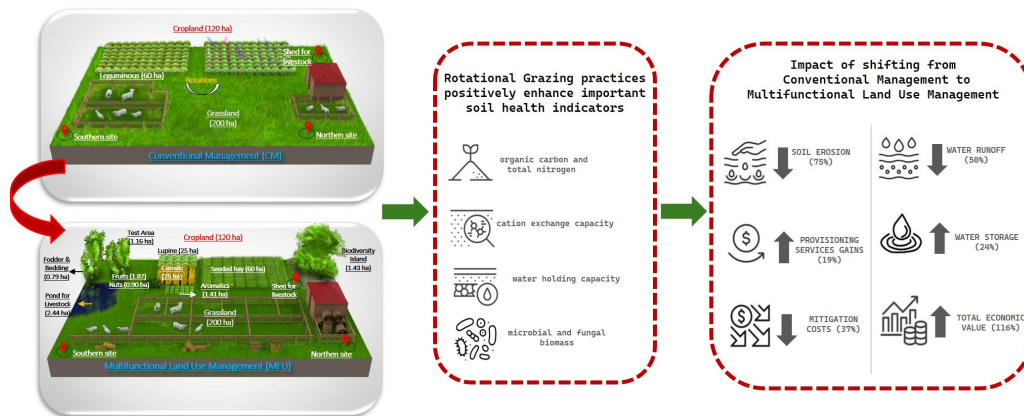
Enhancing soil quality and ecosystem services by introducing multifunctional land use management in a semiarid pastoral system in Portugal.

Eleonora Grilli^{1,*} · Hafiz Khuzama Ishaq¹ · Gianluigi Busico¹ · Micòl Mastrocicco¹ · Flora Angela Rutigliano¹ · Sandro Strumia¹ · Elio Coppola¹ · Simona Castaldi¹

¹ Department of Environmental, Biological and Pharmaceutical Sciences and Technologies, University of Campania “Luigi Vanvitelli”, Caserta, Italy

* Corresponding author: eleonora.grilli@unicampania.it

Conventional land management practices often concentrate on single objectives, prioritizing economic gains over environmental quality, leading to a decline in ecosystem services. To address this issue, there has been a growing emphasis on ecosystem-based management approaches that promote Multifunctional Land Use (MFU) practices—diversifying land use strategies according to the principles of sustainable land management. Rotational grazing (RG) represents a key component of MFU practices aimed at promoting soil protection and sustainable land management in Mediterranean extensive pastures. As land degradation intensifies under increasing aridity, integrating MFU approaches—such as RG—into regional soil conservation and agricultural policies becomes essential for maintaining ecosystem resilience and productivity. This study compared soil quality ecosystem services and economic viability under RG and continuous grazing (CG) systems in paired Portuguese pasture areas subjected to strong aridity stress, where RG sites were converted from CG management in 2018. The analysis of a comprehensive set of soil quality indicators revealed significantly higher levels of soil organic carbon, total nitrogen, cation exchange capacity, and water holding capacity in RG plots compared with CG plots. Furthermore, our results demonstrated that MFU substantially strengthens soil-related ecosystem services: soil erosion was reduced by 75%, water runoff decreased by around 50%, soil organic carbon increased by 118.71%, and soil water storage capacity improved by up to 24%. From an economic perspective, MFU practices increased provisioning service gains by 19%, reduced environmental degradation costs by 37% over five years, and achieved a Total Economic Value 116% higher than conventional management. Overall, the findings demonstrate that RG, as part of a broader MFU strategy, can significantly enhance soil quality and resilience in dryland environments. These results underscore the need to embed MFU-based practices within soil protection frameworks and sustainable land management policies, particularly in regions threatened by desertification.



Keywords: Soil degradation; Sustainable soil management; Multifunctional land use; Desertification risk; soil-related ecosystem services

From soil data to policy: SQI thresholds as a tool for sustainable land management in Manouba province (northeast Tunisia)

Oumayma Hmidi^{a,*}, Feyda Srarfi^a, Nadhem Brahimi^b, Carmelo Dazzi^c, Giuseppe Lo Papa^c

^a University of Tunis El Manar, Faculty of Sciences of Tunis, Department of Geology, Geodynamics and Geomaterials Laboratory (LR18ES37), Tunis, Tunisia

^b University of Tunis El Manar, Faculty of Sciences of Tunis, Department of Geology, Plants, Soils and Environment Laboratory (LR21ES01), Tunis, Tunisia

^c Department of Agricultural, Food and Forest Sciences (SAAF), University of Palermo, Palermo, Italy

* Corresponding author: oumayma.hmidi@unipa.it

Soil degradation is an increasingly pressing global issue, particularly in arid and semi-arid regions, as it results in the progressive loss of soil's ability to support life and human activities. The present study applied a weighted Soil Quality Index (SQI) to evaluate the functional status of agricultural soils in the Manouba province, in northeastern Tunisia. The field survey was conducted over two contrasting seasons, December 2022 and June 2023, randomly. The results were validated through field observations, statistical tools and samples that were processed in the laboratory. The SQI showed significant seasonal changes. It also showed differences in soil quality across different areas. Soils in irrigated areas showed better nutrient retention, however, they had higher salinity levels with SQI higher than 0.6. In contrast, areas with rain-fed farming had less organic matter and lower fertility (SQI < 0.4). Only 20% of the soils in Manouba are of high quality, with an SQI ranging from 0.7 to 0.8. Some samples had an SQI above 0.8, indicating exceptionally high quality; the rest showed medium to low quality. This index provided useful information for understanding the current state of the soils and classifying them into functional categories, highlighting zones at risk of degradation. These results will be vital in establishing a regional soil policy framework by including SQI limits. This makes it a link between scientific research and putting policy into action. The SQI would become a valuable metric for transforming complex soil data into actionable insights, supporting sustainable agricultural practices and contributing to climate resilience in Tunisia vulnerable agroecosystems.

Keywords: Soil Quality Index (SQI) · soil degradation · sustainable agriculture · policy implementation

Changes on the molecular composition of biochar affected by source and temperature regulate crop productivity.

M. M. Hoque^{1,*} · O. Oyebiyi¹ · S. Thammavongsa¹ · G. Pan² · A. Scopa¹ · M. Drosos¹

¹ Università della Basilicata, Dipartimento di Scienze Agrarie, Forestali, Alimentari e Ambientali (DAFE),
Potenza, Italy

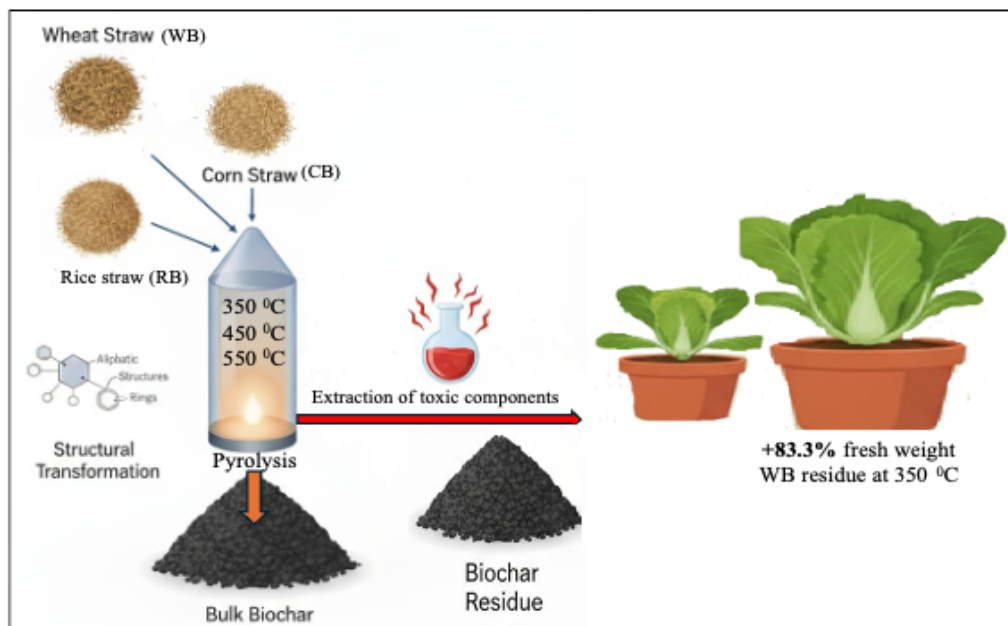
² Nanjing Agricultural University, Institute of Resource, Ecosystem and Environment of Agriculture, Nanjing,
China

* Corresponding author: md.hoque@unibas.it

Intensive agriculture causes soil organic matter degradation, threatening soil health and agricultural sustainability (1). Utilizing agricultural waste supports a circular economy and sustainable production (2). Biochar application effectively improves soil physical properties, fertility, and carbon sequestration (3). However, straw type and pyrolysis temperature produce biochars with contrasting characteristics (4). To identify effective materials, this study used wheat, rice, and corn straws pyrolyzed at 350, 450, and 550 °C to obtain wheat straw biochar (WB), rice straw biochar (RB), and corn straw biochar (CB). Each biochar was fractionated into extractable organic matter (eBOM) and residual components via alkali extraction. Increasing carbonization temperature (350–550 °C) elevated pH, C/N ratio, ash content, and nutrient levels but reduced yield and total nitrogen. FTIR and solid-state ¹³C-NMR analyses showed that higher temperatures decreased aliphatic structures while enhancing aromaticity and stability. As temperature increased, demethylation occurred, polar functional groups and H- and O-containing compounds degraded, and aromatic compounds accumulated (5). Stable compounds such as alkanes, ethers, phenols, and heterocyclic nitrogen rose, while unstable ones like amides, amines, esters, and alcohols declined. Compared with bulk biochar, residues contained more alkanes but less organic nitrogen. Chinese cabbage experiments demonstrated that biochar residues were more effective than bulk biochars; notably, wheat biochar residue at 350 °C increased fresh weight by 83.3%, chlorophyll by 36.6%, and soluble protein by 7.5%. Thus, removing toxic labile organic components is essential for producing optimal agronomic biochars (agrochars).

References:

1. Piccolo, A. & Drosos, M. (2025) Chem. Biol. Technol. Agric. 12(1), 21.
2. Mohamed, I.; et al. (2024) CABI Agric. Bio. 5(1), 91.
3. Spokas, K. A. (2010) Carbon Management, 1(2), 289–303.
4. Sun, J.; et al. (2017) Sci. Tot. Environ. 576, 858–867.
5. He, Y.; et al. (2023) J. Nanjing Agric. Univ. 46(4), 718–726.



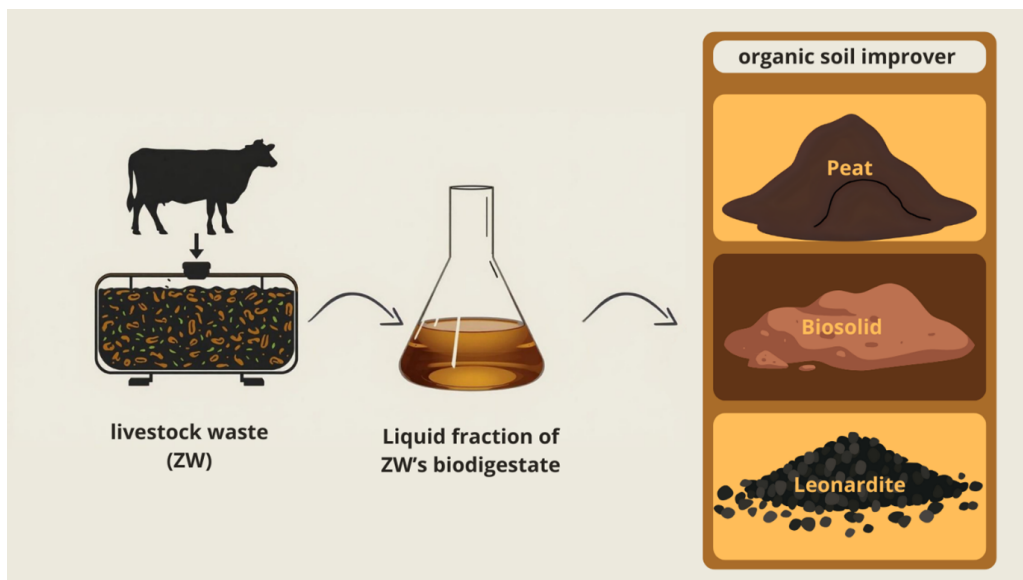
Keywords: Wheat · Corn · Rice · Biochar · Chinese cabbage

Characterization of possible organic soil improver obtained from zootechnical waste

Antonio Iorio^{1,*} · Eleonora Grilli¹ · Elio Coppola¹

¹ Dipartimento di Scienze e Tecnologie Ambientali, Biologiche e Farmaceutiche, Università degli Studi della Campania Luigi Vanvitelli, Caserta, Italy (antonio.iorio1@unicampania.it)

The growing demand for animal products has led to a consequent increase in the number of farms, resulting in large production of livestock waste and increasing the quantities that cannot be applied to agricultural soils due to legislative limits on nitrate content. Storage of excess liquid waste represents a serious economic burden for farmers. This study aims to determine the humic-like substances contained in a biosolid obtained from the suspended solid fraction of zootechnical digestate, in order to evaluate its possible commercial use as a soil improver. The biosolid (BZ) was compared with materials traditionally used as soil improvers: peat (TS) and leonardite (LC), as well as another material derived from by-products of biomethane production (OSI), classified as an organic soil improver according to EU Regulation 2019/1009 or as “ammendante compostato misto” under Italian D.L. 77/2010. Samples were oven-dried, ground, and sieved below 0.2 mm. Loss on ignition was measured after 48 h at 600°C. Organic carbon was determined using Walkley-Black and Springer-Klee methodologies. Total extractable carbon, its fractions, and humification parameters were subsequently analysed. Results show that the biosolid contains significant amounts of substances whose properties correspond mainly to humic acids and, to a lesser extent, to fulvic acids. Humification indices confirm a reasonable degree of stabilization, comparable to other products in the organic soil improver category.



Keywords: Humic acid · Livestock wastewater · Organic soil improver

Characterisation of alternative growing media: reducing peat content with secondary raw materials in Nitrate Vulnerable Zones in Campania (Italy)

Pierferdinando Lamberti^{a,*}, Rene Guenon^b, Patrice Cannavo^b, Elio Coppola^a

^a Dipartimento di Scienze e Tecnologie Ambientali, Biologiche e Farmaceutiche, Università degli Studi della Campania “Luigi Vanvitelli”, Via Vivaldi 43, 81100 Caserta, Italy

^b Département Milieu Physique, Paysage et Territoire, Institut Agro Rennes–Angers, 2 rue Andre Le Nôtre, 49045 Angers Cedex 01, France

* Corresponding author: pierferdinando.lamberti@unicampania.it

The issue of peat in substrates for horticultural production has become increasingly urgent due to the environmental implications associated with the protective role of peat wetlands as carbon sinks. It appears imperative to find sustainable alternatives to this traditional resource in soilless substrates. The main organic matrices used as alternatives to peat in growing media include: compost, biochar, coconut fibre, hemp fiber and wood waste. In the search for low cost alternatives in the Campania region, the material present in greatest quantity and which also contains excellent physical and nutritional characteristics is buffalo manure, an organic fertilizer rich in essential nutrients for plants. On the other hand, the Campania region hosts numerous buffalo farms which annually generate significant quantities of livestock effluents in areas designated as vulnerable to nitrate pollution. Farmers must develop new strategies to relocate and profitably reuse this waste in larger and more suitable agricultural areas. The synergistic use of zeolitic tuffs and compost from buffalo livestock waste could create a balanced nutrient release profile, ensuring that nitrogen remains accessible to plants over time. This combination could improve the nutritional efficiency of the substrate and also promote healthier plant growth by maintaining optimal nutritional balance. Furthermore, zeolite's ability to further reduce nutrient leaching contributes to a more sustainable and environmentally friendly cultivation system. The implementation of EU Regulation 2019/1009, which promotes the production of fertilizers, including soilless substrates, from secondary raw materials, further encourages this approach. In many regions of EU, substrates intended for cultivation are required to meet specific legal parameters to ensure their safety, effectiveness and suitability for horticultural use. In particular, the constitution of the soilless substrate must be consistent with the specific needs of the cultivated plant species, the market demand, the convenience of using substrates instead of conventional cultivation.

Keywords: Peat · Buffalo livestock waste · Zeolite-rich tuffs · Horticultural substrate

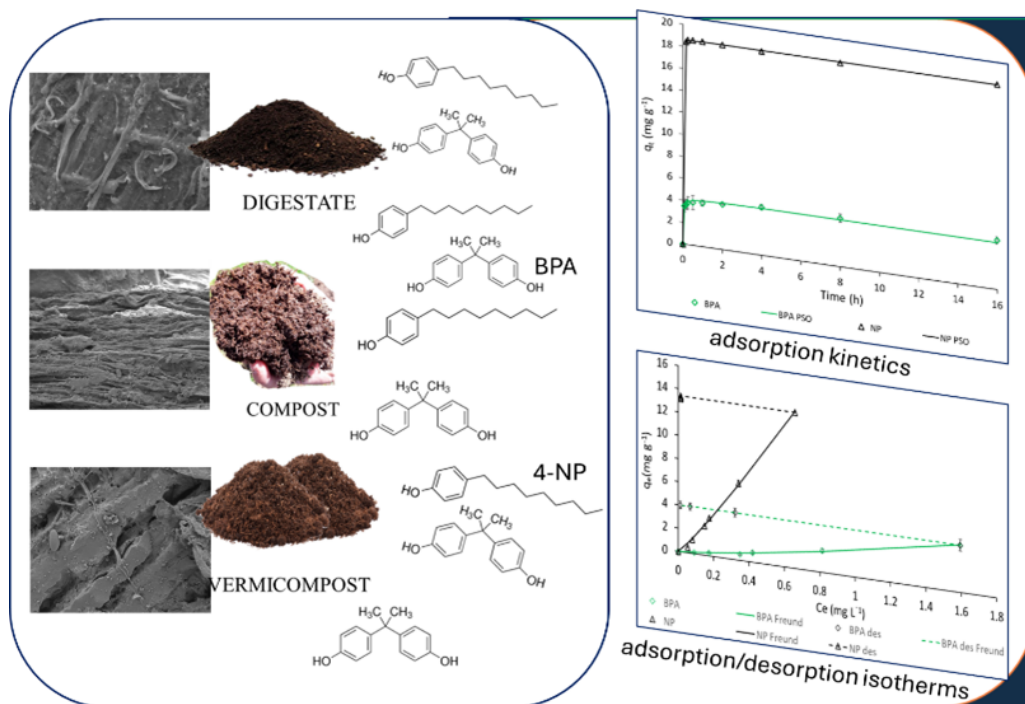
Digestate and its aerobic derivatives compost and vermicompost as biosorbents of endocrine disrupting chemicals for healthy soil and safe food

Elisabetta Loffredo^{a,*}, Nicola Denora^a, Danilo Vona^a

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

* Corresponding author: elisabetta.loffredo@uniba.it

A major emergency of the current period is soil and water pollution due to industrial and agricultural practices non-compliant with environmental sustainability and resource circularity. Intensive agriculture exposes the soil to the risk of degradation and releases toxic chemicals that compromise food safety. Most soil decontamination treatments, such as chemical and photochemical technologies, are quite complex, time-consuming and expensive. At the same time, the growing bioenergy sector releases a large quantity of carbon-rich materials suitable for improving soil fertility and as biosorbents of pesticides and industrial pollutants. Anaerobic digestion of biowaste releases a solid digestate (DG) used directly in soil or after biooxidative conversion into compost (CP) and vermicompost (VC). Although these materials are increasingly employed in agriculture to replace lost native organic matter, their interaction with organic xenobiotics is only poorly investigated. As part of PRIN 2022 PNRR Project, P20223YAYP, funded by the European Union – NextGenerationEU, Mission 4, Component 2, Investment 1.1, this study evaluated the ability of a mixed DG and its aerobic derivatives CP and VC to retain the endocrine disrupting chemicals (EDCs) bisphenol A and 4-nonylphenol. SEM–EDX images, BET analysis and FTIR spectra of the three materials revealed common features, including large specific surface and numerous functional groups, suitable for physical and chemical interaction with the two EDCs. Quantitative evaluation of EDCs–materials interaction was performed by studying sorption kinetics and sorption/desorption isotherms and by interpreting data using various theoretical models. Both compounds were adsorbed very rapidly (within 2 h) onto the three biosorbents according to a preferential pseudo-second-order kinetics (chemisorption). The Freundlich adsorption/desorption constants of both EDCs on any biosorbent indicated a significant adsorption and a negligible release after three desorption cycles (hysteresis). This behaviour ensures reduced absorption of pollutants by plants and prevents their transfer into the human and animal food chain.



Keywords: industrial pollutants · xenoestrogens · adsorption/desorption · biological treatment of biomass

Confronto tra indicatori convenzionali e non convenzionali per il monitoraggio della salute del suolo nella regione mediterranea

N. Lolos¹ · M. Batsalia¹ · N. Martin² · L. Ribeiro Roder³ · L. Caner² · D. Triantakou^{4,1} · C. Zucca³

¹ Hellenic Agricultural Organization (DIMITRA), Lykovrisi, Greece

² Université de Poitiers, Poitiers, France

³ Università degli Studi di Sassari, Sassari, Italy

⁴ University of Patras, Agrinio, Greece

* Corresponding author: nikolaslolos99@gmail.com

La stima della salute del suolo nei suoli mediterranei richiede la valutazione di indicatori fisici e chimici chiave come il contenuto di carbonio organico (SOC), la densità apparente e la tessitura e altre che, misurate con analisi di laboratorio classiche, sono accurate, ma richiedono tempo e manodopera, sono costose e talvolta utilizzano sostanze chimiche pericolose, risultando problematiche nel contesto di attività di monitoraggio su larga scala. Uno degli obiettivi del progetto SOILS4MED è di valutare in quale misura alcuni indicatori chiave possano essere misurati con metodi innovativi alternativi a quelli tradizionali. Le tecnologie dei sensori offrono test rapidi, convenienti ed ecocompatibili. I principali sensori prossimali includono VIS-NIR, FT-NIR, LIBS, pXRF e attenuazione dei raggi gamma. La spettroscopia VIS-NIR (350–2500 nm) prevede accuratamente il SOC e la tessitura ($R^2 \sim 0,75\text{--}0,86$). FT-NIR offre un'accuratezza simile a costi ridotti. Il LIBS rileva le firme elementari con un'elevata accuratezza del SOC ($R^2 \sim 0,83\text{--}0,92$). La XRF portatile prevede indirettamente il SOC tramite proxy elementari ($R^2 \sim 0,78$). I sensori a raggi gamma misurano il SOC e la densità apparente con precisione in condizioni prive di carbonati. I sensori remoti satellitari e UAV forniscono un'elevata risoluzione spaziale e temporale per il monitoraggio su scala regionale. L'imaging multispettrale e iperspettrale mappa il SOC su ampie aree, ma richiede una calibrazione accurata e buone condizioni superficiali. Costo, risoluzione spaziale e precisione sono i fattori che determinano la scelta tra tecniche convenzionali e basate su sensori. I metodi basati su sensori offrono la possibilità di frequenze e risoluzioni più elevate con un'accuratezza da moderata ad elevata una volta calibrati, e in misura perfettamente adatta a rappresentare l'eterogeneità della superficie del suolo. I sensori VIS-NIR, LIBS e XRF sono portatili, veloci ed ecocompatibili, tenendo conto delle limitazioni di campo (ad esempio, bias dell'utente, contenuto d'acqua, materiale grossolano). Il telerilevamento offre un'ampia copertura, ma dipende dalle condizioni superficiali e dalla stima indiretta. L'integrazione di dati convenzionali e provenienti da sensori può migliorare l'accuratezza e l'efficienza dei protocolli di monitoraggio.

RINGRAZIAMENTI

Il progetto SOILS4MED (SOIL health monitoring and information systems FOR sustainable soil management in the MEDiterranean region) fa parte del programma PRIMA (Partnership for Research and Innovation in the Mediterranean Area) sostenuto dall'Unione Europea.

Keywords: Soil health · Sensor technologies · Proximal sensing · Mediterranean soils

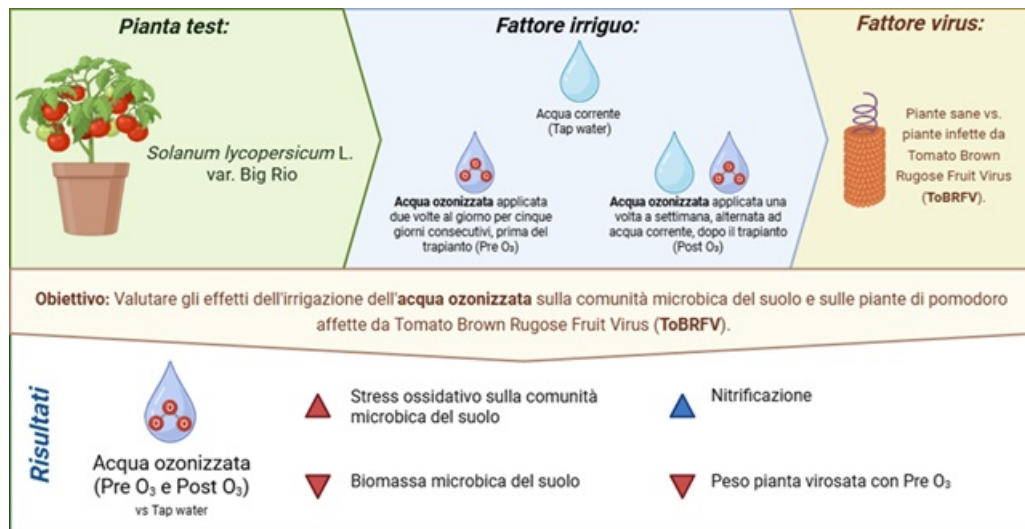
Risposta del sistema suolo-pianta al trattamento con acqua ozonizzata in presenza del Tomato Brown Rugose Fruit Virus

Federico Madonia^a · Andrea Giovanni Caruso^a · Salvatore Davino^a · Francesco Loria^a · Caterina Lucia^a · Barbara Rosy Ines Manachini^a · Sofia Maria Muscarella^{a,*} · Sara Paliaga^a · Stefano Panno^a · Vito Armando Laudicina^a

^a Dipartimento Scienze Agrarie, Alimentari e Forestali (SAAF), Università di Palermo, Italy

* Corresponding author: sofiamaria.muscarella@unipa.it

L'acqua ozonizzata, grazie al suo elevato potere ossidativo, ha una potenziale attività biocida contro diversi microrganismi e patogeni. Per tale motivo rappresenta una possibile alternativa sostenibile ai fitofarmaci tradizionali. Tuttavia, gli effetti della sua applicazione sul sistema suolo-pianta non sono ancora del tutto noti. Obiettivo dello studio è stata la valutazione degli effetti dell'irrigazione con acqua ozonizzata sul sistema suolo-pianta. Inoltre, è stato valutato il suo potenziale effetto benefico nel contrastare gli effetti negativi del Tomato Brown Rugose Fruit Virus (ToBRFV) su *Solanum lycopersicum* L. Sono stati testati tre trattamenti irrigui: acqua corrente (tap water), acqua ozonizzata somministrata due volte al giorno per cinque giorni consecutivi prima del trapianto (Pre O3), e acqua ozonizzata somministrata una volta a settimana dopo il trapianto (Post O3) alternata con tap water, in presenza o assenza di ToBRFV. Dai risultati è emerso che l'uso di acqua ozonizzata sia in fase pre- che post-trapianto riduce il carbonio della biomassa microbica del suolo, la cui lisi ossidativa comporta un aumento della frazione labile del pool di carbonio. L'aumento della frazione labile di C ha determinato un incremento della respirazione microbica (CO₂) e del quoziente metabolico (qCO₂), suggerendo uno stress ossidativo indotto nei microrganismi del suolo. Inoltre, l'acqua ozonizzata ha favorito i processi di ammonificazione e nitrificazione, come evidenziato dalle maggiori concentrazioni di nitrato nei suoli trattati con O3. L'applicazione pre-trapianto non è stata in grado di contrastare gli effetti negativi del ToBRFV. In conclusione, l'acqua ozonizzata induce uno stress ossidativo sulla comunità microbica del suolo e i suoi effetti nel mitigare gli impatti del ToBRFV sul pomodoro non risultano rilevanti.



Keywords: Ozonated water · Soil microbiology · ToBRFV · Soil respiration

Pedogenesis and salinization dynamics of gypsiferous soils in the Chott el Djerid (Southern Tunisia): role of infrared spectroscopy

Oussama Mbarki^{a,*} · Paola Bambina^b · Hatem Ibrahim^a · Nadhem Brahimi^c · Carmelo Dazzi^b ·
Mabrouk Boughdiri^a · Giuseppe Lo Papa^b

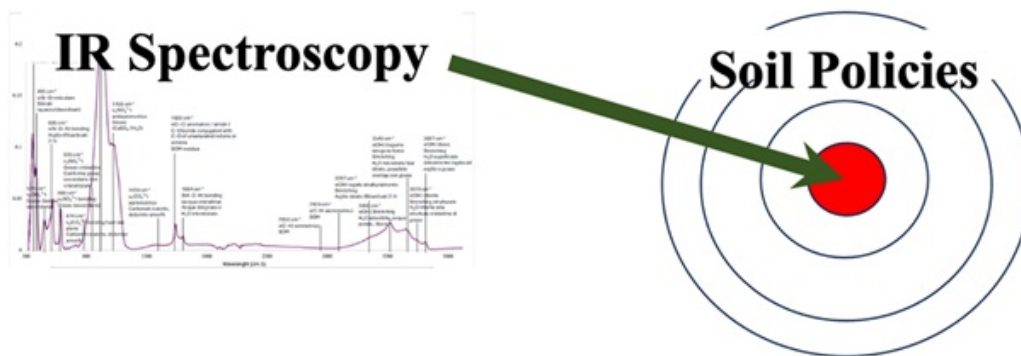
^a University of Carthage, Faculty of Sciences of Bizerte, Department of Earth Sciences, Tunisia

^b Department of Agricultural, Food and Forest Sciences (SAAF), Università di Palermo, Palermo, Italy

^c University of Tunis El Manar, Faculty of Sciences of Tunis, Department of Earth Sciences, Tunisia

* Corresponding author: oussama.mbarki@fsb.ucar.tn

Arid zones cover nearly 12% of the Earth's ice-free surface and are characterized by limited water availability, high salt accumulation, and fragile ecosystems. In these extreme environments, soil formation is driven by complex interactions among climate, geomorphology, and human activities. The Chott el Djerid, the largest endorheic depression in North Africa, represents a suitable study area for gypsiferous-saline soils. Its soils are strongly influenced by evapotranspiration, wind action, and alluvial deposition under extreme climatic conditions. This study investigates the formation of gypsiferous-saline soils in pre-Saharan Tunisia. Samples were collected from the soil genetic horizons and analyzed integrated physico-chemical, mineralogical, and spectroscopic approaches. Infrared (IR) spectroscopy was emphasized to identify mineral and organic signatures and detect evaporitic minerals such as gypsum and carbonates, providing detailed information on soil composition and structure. Results show a predominance of gypsum and quartz, with high salinity levels resulting from capillary rise from shallow groundwater. These conditions promote horizon differentiation and influence vegetation patterns, emphasizing the ecological vulnerability of local ecosystems. The combination of mineralogical and spectroscopic analyses allows for a more precise characterization of soil properties and processes, offering insights into soil formation under arid conditions. This study demonstrates the potential of IR spectroscopy as a useful tool for soil monitoring. The findings provide scientific evidence to support the implementation of correct sustainable land management strategies. The understanding of soil genesis and evolution in extreme environments may support developing policies for the protection and sustainable use of fragile arid ecosystems.



Keywords: salt-affected soils · Chott el Djerid · pedogenesis · IR spectroscopy · soil policies

Un manuale aggiornato dei metodi di analisi biologica del suolo

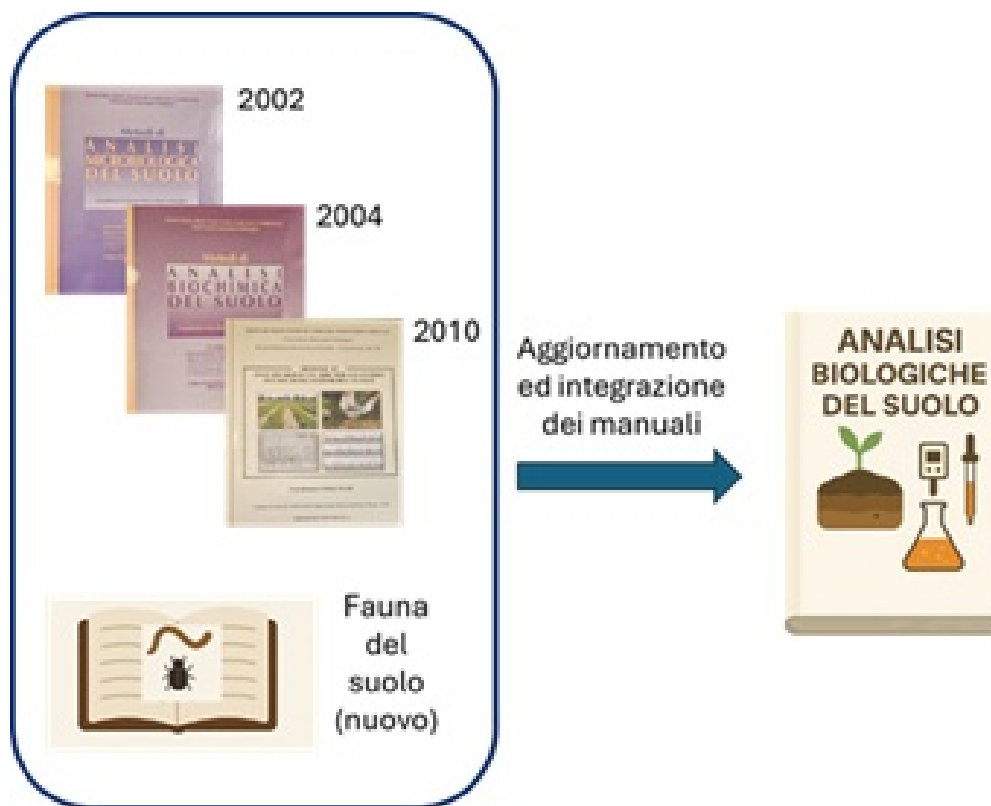
Stefano Mocali¹ · Maria Antonietta Rao² · Roberta Pastorelli¹ · Lorenzo D'Avino¹ · Paolo Nannipieri³

¹ Consiglio per la ricerca in agricoltura e l'analisi dell'economia agraria (CREA-AA), Firenze

² Dipartimento di Agraria, Università degli Studi di Napoli Federico II

³ Dipartimento di Scienze Produzioni Agroalimentari e dell'Ambiente (DISPAA), Università degli Studi di Firenze

Nonostante la biodiversità del suolo rappresenti circa il 60% delle specie del pianeta e costituisca un elemento chiave per la salute e la funzionalità degli ecosistemi terrestri, il livello di conoscenza su di essa resta ancora limitato. Negli ultimi anni, il quadro normativo europeo e internazionale si è notevolmente evoluto. Nel 2002 la SISS, in collaborazione con il Ministero delle Politiche Agricole e Forestali e con l'Osservatorio Nazionale Pedologico e della Qualità dei Suoli, pubblicò il manuale “Metodi di analisi microbiologica dei suoli” (G.U. del 1/08/2002, Decreto n. 010175), inserito nella collana dei Metodi analitici dei suoli coordinata dal Prof. Paolo Sequi. A questo si affiancarono i manuali dedicati alle analisi biochimiche nel 2004 e ai metodi molecolari per lo studio del suolo nel 2010, completando così un primo quadro metodologico di riferimento nazionale per i metodi biologici. Tuttavia, negli ultimi due decenni lo sviluppo della biologia molecolare e delle scienze “omiche” (genomica, metagenomica, proteomica, metabolomica) ha rivoluzionato l'approccio allo studio della biodiversità del suolo, consentendo un salto di qualità nella capacità di descrivere e comprendere la complessità biologica e funzionale di questo ecosistema invisibile ma essenziale. Inoltre, campionamento, estrazione ed indici per la pedofauna sono stati parzialmente standardizzati da norme ISO e utilizzati per campagne regionali di monitoraggio. Alla luce di tali evoluzioni scientifiche e dell'attuale contesto normativo, tenendo in considerazione anche le procedure standard FAO già pubblicate, emerge la necessità di aggiornare i manuali esistenti. L'obiettivo è fornire strumenti moderni, armonizzati e scientificamente solidi per affrontare le sfide legate alla sostenibilità, al monitoraggio e alla gestione del suolo e alla salvaguardia della biodiversità. Con questa iniziativa si propone di realizzare un unico manuale aggiornato di metodi di analisi biologica dei suoli, integrando ed implementando i 3 manuali precedenti con una nuova parte dedicata alla fauna del suolo.



Keywords: Soil biodiversity · Biological methods · Soil monitoring · Omics

CO₂ emissions from soils treated with bioplastics at different moisture conditions

Nicolò Montegiove¹ · Daniela Pezzolla¹ · Giovanni Gigliotti¹ · Roland Bol²

¹ Department of Civil and Environmental Engineering, University of Perugia, Via G. Duranti 93, 06125 Perugia, Italy

² Institute of Bio- and Geosciences, Agrosphere (IBG-3), Forschungszentrum Jülich GmbH, 52425 Jülich, Germany

The ever-increasing use of bioplastics as alternatives to fossil-based polymers highlights the need to assess their environmental fate and potential impact on soil carbon dynamics. In this study, we evaluated the biodegradation (via CO₂ emissions) of three biopolymers: polylactic acid (PLA), PLA/polybutylene succinate blend (PLA/PBS 80:20 w/w), and PLA/PBS enriched with 3% cellulose nanocrystals (PLA_PBS_3CNC). Films were cut into fragments (ø 5 mm) and applied to soil at an application dose of 0.5%. Untreated soil and soil with microplastics were maintained at 25 °C at two water holding capacities (WHCs, 60% and 90%) for 6 months. Biodegradation was analyzed using first-order (k_1) and second-order (k_2) kinetic models to better describe degradation behavior. Results highlighted that PLA_PBS_3CNC showed higher cumulative CO₂ emissions compared to the other bioplastics at both WHCs. The cumulative CO₂ emissions revealed that the overall biodegradation of PLA_PBS_3CNC reached 2.3% after six months at 90% WHC, representing the highest value among the tested bioplastics. In contrast, the other bioplastics were only slightly degraded (<0.5%) at both WHCs. Increased soil moisture slightly enhanced the bioplastics degradation, suggesting that water availability influences microbial processes involved in biodegradation. Furthermore, the presence of CNCs, even at low percentages, slightly increased biopolymer degradation. Kinetic models indicated that complete biodegradation of the bioplastics would require >4000 days under both soil conditions, well over the times expected for biodegradability. In conclusion, even after six months, the tested bioplastics exhibited negligible CO₂ emissions comparable to the untreated soil. The relatively high bioplastic concentration may inhibit soil microorganisms and negatively affect biopolymer degradation. Kinetic models are important in efforts to help standardize time estimations to complete bioplastic biodegradation. Understanding degradation dynamics and duration is essential to better evaluate the environmental impact of bioplastics within sustainable soil management scenarios. This work has been funded by the European Union – NextGenerationEU under the Italian Ministry of University and Research (MUR) National Innovation Ecosystem grant ECS00000041 – VITALITY – CUP J97G22000170005.

Keywords: Biopolymer · Biodegradation Kinetic · CO₂ Emissions · Water Holding Capacity

Agroecological transition of tobacco cropping systems through combining cover crops, compost, and reduced tillage in Mediterranean environment: responses of some soil health indicators

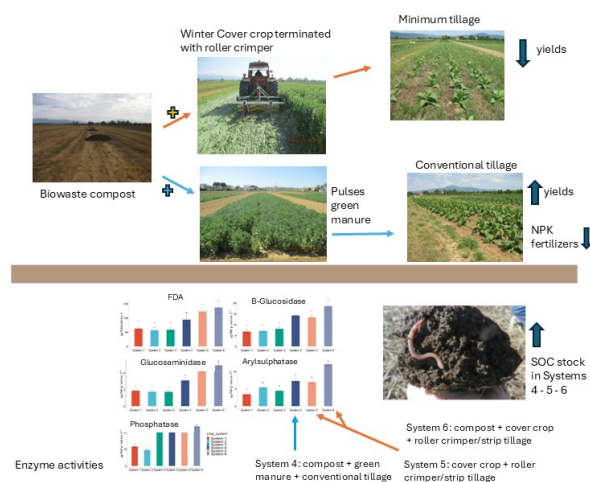
L. Morra¹ · L. del Piano¹ · E. Cozzolino¹ · E. Picariello² · M. C. Sorrentino¹ · S. Baiano¹

¹ Consiglio per la Ricerca in Agricoltura e l'analisi dell'Economia agraria (CREA), Research Centre for Cereal and Industrial Crops, Caserta, Italy

² Department of Sciences and Technologies, University of Sannio, Benevento, Italy

* Corresponding author: luigi.morra@crea.gov.it

Six tobacco cropping systems were implemented over four years (2017-2020), each representing progressive steps toward agroecological transition. The study evaluated changes in soil chemical properties, enzymatic activities (FDA, β -glucosidase, phosphatase, glucosaminidase, arylsulfatase), soil carbon balance, carbon sequestration rate, and Kentucky-type tobacco yields under combinations of compost amendment, usual or reduced mineral fertilization, cereal-legume cover crops with different termination methods, and minimum vs. conventional tillage. Innovative systems based on winter cover crops terminated with roller crimper and strip tillage, with or without biowaste compost, were the most effective at recovering degraded soil. Annual C sequestration ranged from 1.4 to 3 Mg ha⁻¹ yr⁻¹ (without/with compost) compared to -0.46 Mg ha⁻¹ yr⁻¹ in the standard system. Soil organic carbon (SOC) stocks increased from 27.2 Mg ha⁻¹ to 32.8-39 Mg ha⁻¹ by 2020, and enzymatic activities were highest in these systems. However, tobacco growth was reduced due to strong weed competition, resulting in low, non-marketable biomass. The system applying compost plus winter legume manure showed the best compromise, restoring fertility and sustaining yields comparable to the standard system. Despite maintaining conventional tillage, this system increased SOC by 6.9 Mg ha⁻¹ and achieved a sequestration rate of 1.7 Mg ha⁻¹ yr⁻¹, while significantly enhancing soil biological activity and enabling full replacement of mineral fertilization in the last two years without yield loss.



Keywords: Soil Organic Carbon balance · Soil enzyme activities · Tobacco yield · Roller crimper · Organic fertilization

Towards reliable SDG 15.3.1 reporting: an enhanced NDVI approach to land productivity assessment in Italy

Nada Mzid^{1,2} · Piero Manna³ · Marco Di Leginio⁴ · Fabio Terribile^{1,2}

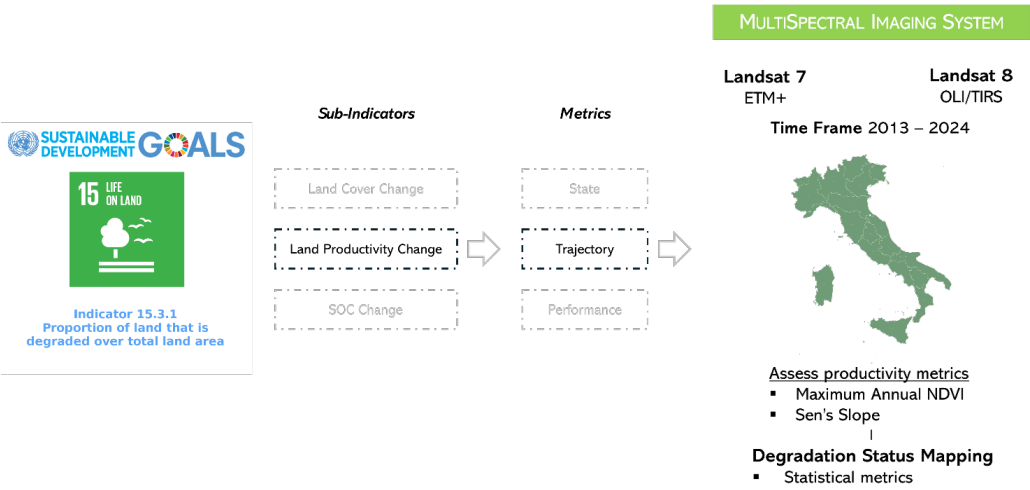
¹ Department of Agriculture, University of Naples Federico II, nada.mzid@unina.it; fabio.terribile@unina.it

² CRISP Research Center, University of Naples Federico II, nada.mzid@unina.it; fabio.terribile@unina.it

³ Institute for Mediterranean Agricultural and Forestry Systems, National Research Council, piero.manna@cnr.it

⁴ Italian Institute for Environmental Protection and Research, marco.dileginio@isprambiente.it

Land Degradation Neutrality (LDN), the core ambition of Sustainable Development Goal 15.3, represents a global commitment to halt desertification, restore soil functionality, and sustain productive landscapes. The official monitoring framework, indicator 15.3.1, integrates three dimensions — land cover, land productivity, and soil organic carbon — under the methodological guidance of the UNCCD. Despite its wide application, the workflow behind this indicator often fails to capture real productivity dynamics where vegetation shows strong interannual variability. The use of mean annual NDVI trajectories tends to smooth critical fluctuations, potentially distorting degradation assessments. This study introduces a data-driven workflow that refines the productivity sub-indicator and strengthens national-scale SDG 15.3.1 implementation. A self-adapting algorithm was developed within Google Earth Engine to quantify land-productivity variations across Italy (2013–2024), using Landsat 7/8 archives to generate maximum annual NDVI composites. Temporal trends were evaluated using Sen’s slope estimation instead of the traditional Mann–Kendall method. Reference data from 1500 field-verified sites supported calibration, while an independent validation dataset (650 points) confirmed the robustness of the workflow. The revised approach achieved 93% overall accuracy, compared to 70% under the UNCCD procedure, showing superior diagnostic performance. Integrating maximum annual NDVI with Sen’s slope improves the sensitivity and interpretability of degradation mapping and provides a transferable, computationally efficient solution for national monitoring. By delivering more realistic and spatially coherent depictions of land-productivity trajectories, it supports informed land-use planning, targeted restoration strategies, and more credible reporting toward the LDN objective.



Keywords: Land degradation · SDG 15.3.1 · NDVI trajectories · Google Earth Engine · Sen's slope

Fungal inoculation mitigates the impact of reclaimed wastewater contaminants on soil microbial activity. Preliminary results.

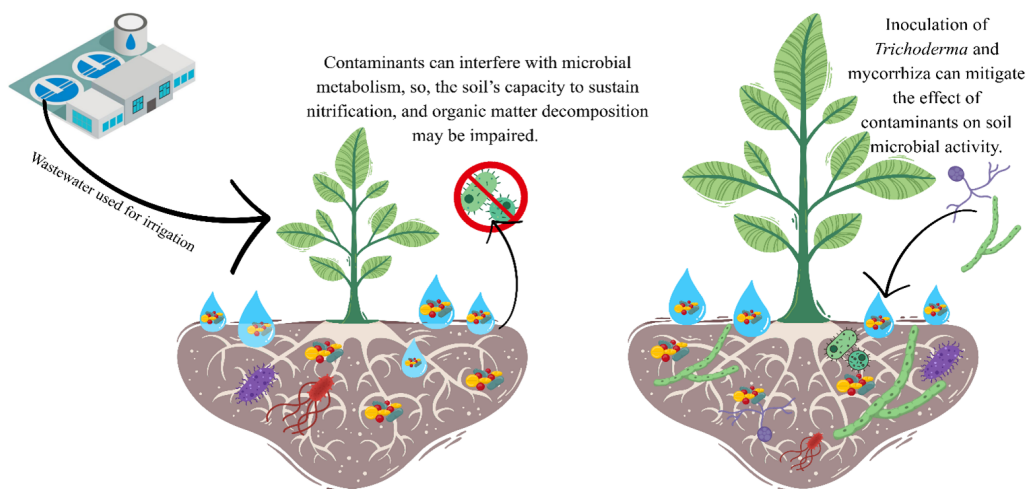
P. Nigro¹ · G. Brunetti^{1,*} · C. Cocozza¹ · F. Digregorio¹ · G.P. Ciardo¹ · F. De Mastro¹

¹ Department of Soil, Plant, and Food Science, University of Bari, Via Amendola 165/a, 70126 Bari, Italy

* Corresponding author: gennaro.brunetti@uniba.it

Only recently the European Parliament has released the Directive (EU) 2024/3019 concerning urban wastewater treatment. In fact, the use of reclaimed wastewater for irrigation can contribute to the introduction of pharmaceutically active compounds (PhACs) and pesticides residues into agroecosystems. The objectives of this study were to investigate the impacts of different classes of contaminants on soil microbial population as well as on key enzyme activities, responsible for biogeochemical cycles of various nutrient. When such contaminants interfere with microbial metabolism, the soil's capacity to sustain essential ecological functions—such as nitrification, and organic matter decomposition—may be impaired. Moreover, the study evaluated the response of soil microbial population in the presence and absence of plant growth-promoting fungi. The experiment was conducted in a greenhouse using *Salvia officinalis* L. as the test plant. Three treatments were prepared: root inoculation with *Trichoderma gamsii* and *T. asperellum* (T), root inoculation with *Glomus intraradices* (M), and no inoculation as control (C). Each treatment was irrigated with groundwater (GW) or GW spiked with a mixture of contaminants (SGW). All treatments were conducted in sterilized and non-sterilized soil. We evaluated β -glucosidase and phosphatase activity. Moreover, total microbial activity was evaluated by the fluorescein diacetate hydrolysis method. The population of culturable microorganisms was determined by plate counting and expressed as CFU per gram of dry soil. Two sampling times were assessed, i.e. 60 and 120 days after transplantation. Results indicate a decline of enzyme and microbial activities in soil irrigated with SGW, while the inoculation of T or M reduced such decline. Therefore, these preliminary results suggest that the root inoculation, regardless of the fungus, mitigates the adverse effects of contaminants, sustaining the biological and biochemical functioning of soil exposed to reclaimed wastewater.

This research was funded by the Ministry of University and Research (grant number P2022PY45N, CUP: H53D23010690001).



Keywords: Water reuse · Pollution · PhACs · *Glomus intraradices* · *Trichoderma* spp.

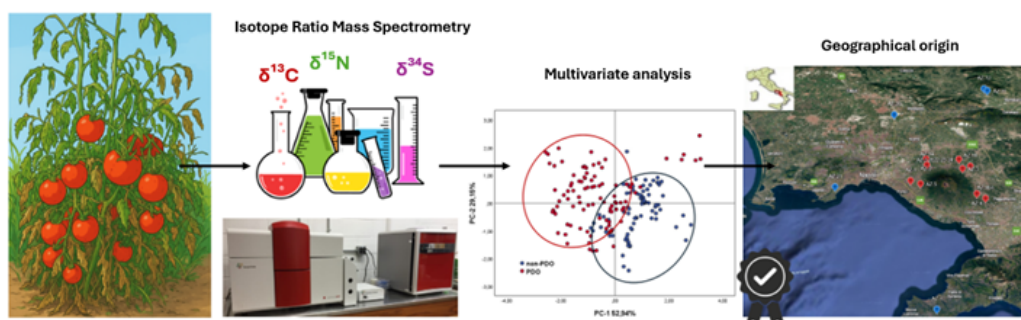
Tracing the origin of PDO tomatoes through isotopic fingerprinting

R. Ofano¹ · D. Potočnik² · N. Ogrinc² · P. Adamo¹

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

² Department of Environmental Sciences, Jožef Stefan Institute, Ljubljana, Slovenia

The authentication and geographical traceability of agri-food products represent key strategies to ensure food safety and quality. These methodologies not only safeguard the integrity of Protected Designation of Origin (PDO) products but also enhance their market competitiveness and prevent fraud. Soil, as the main source of mineral elements for plants, plays a fundamental role in influencing the elemental and isotopic composition of agricultural products through factors such as element bioavailability and pedoclimatic conditions. In this study, stable isotope ratio analysis was employed to investigate the geographic provenance of PDO tomatoes grown on the soils of the Somma–Vesuvius volcanic complex, a small area where unique pedoclimatic conditions influence their quality and organoleptic properties. Soil and tomato samples were collected over four consecutive years (2021–2024) from farms located inside and outside the PDO-designated area. The total concentrations and the isotopic ratios ($\delta^{34}\text{S}$, $\delta^{15}\text{N}$, $\delta^{13}\text{C}$) of sulfur, nitrogen, and carbon were measured by IRMS in both tomatoes and soils. The dataset was analyzed using supervised multivariate methods, specifically Linear Discriminant Analysis (LDA), to evaluate the discriminatory power of isotopic parameters for origin authentication. Leave-one-out cross-validation showed that the highest classification accuracy was achieved when the data of each year were analyzed independently. Among all parameters, $\delta^{34}\text{S}$ consistently emerged as the most discriminant marker. The strong correlation between the isotopic signatures of tomatoes and their respective soils confirms the robustness of this analytical approach. These findings support isotope ratio analysis as a reliable tool for food traceability. Research funded by the METROFOOD-IT project (IR0000033), NextGenerationEU – NRRP, M4C2 Investment 3.1.



Keywords: Food traceability · Isotopic fingerprinting · PDO products

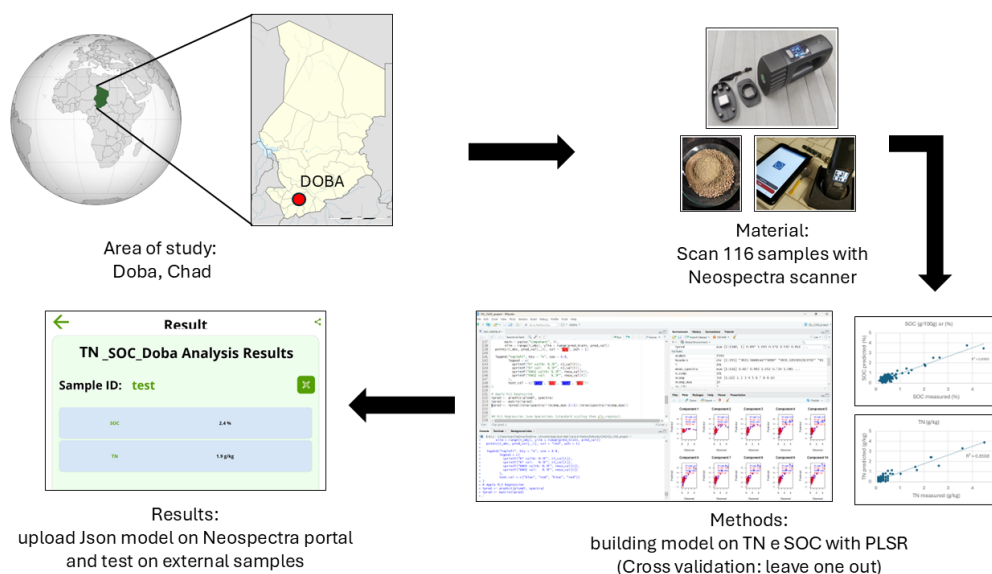
Applying Neospectra Scanner for rapid soil fertility assessment of soils in Doba area, Chad

Leonardo Pace^{1,*} · Simone Priori¹

¹ Università degli Studi della Tuscia, Viterbo, Italy

* Corresponding author: leonardo.pace@unitus.it

The “Donang Madji” initiative, led by Belacé–Caritas in collaboration with the University of Tuscia, aims to enhance food security and promote sustainable soil management in the Doba region of southern Chad. This study focused on developing a near-infrared (NIR) spectral library and predictive models for rapid estimation of key soil properties: soil organic carbon (SOC), total nitrogen (TN), and sand content. A total of 116 soil samples were collected and analyzed using conventional laboratory techniques (CN analyzer for SOC and TN; hydrometer method for particle size distribution). Each sample was scanned using a portable Neospectra Scanner (1350–2550 nm). Spectra were acquired on air-dried, 2 mm-sieved soils to ensure measurement consistency. Predictive models were built using Partial Least Squares Regression (PLSR) in R and exported in JSON format for deployment on the Neospectra Portal. Models for SOC and TN demonstrated strong performance under leave-one-out cross-validation: SOC: $R^2 = 0.86$, RMSEP = 0.23%, RPD = 2.65; TN: $R^2 = 0.86$, RMSEP = 0.24%, RPD = 2.64. These results confirm the reliability of NIR-based models for quantitative estimation, provided samples are pretreated according to protocol. The sand model showed limited accuracy, likely due to low textural variability in the calibration set. The deployed models now enable rapid SOC and TN predictions using the Neospectra device, contingent on proper sample preparation. Future developments may include models capable of handling moisture variability, expanding field applicability and supporting real-time soil diagnostics in resource-limited settings.



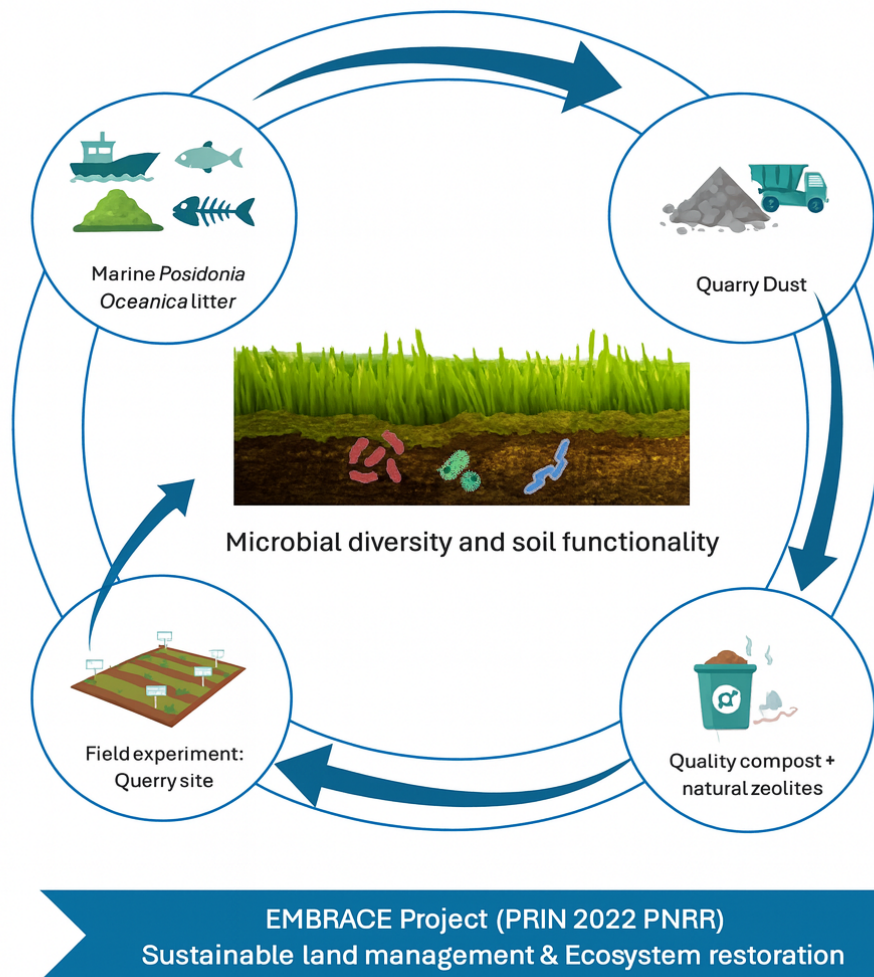
Keywords: Soil Organic Carbon · Total Nitrogen · NIR Spectroscopy · Predictive Models
· Soil monitoring

Sustainable strategies for soil recovery: valorization of marine and quarry residues to enhance microbial biodiversity and ecological functionality

Enrica Picariello^{1,*} · Mattia Napoletano² · Daniela Baldantoni² · Alessandro Bellino² · Alessio Langella³ · Mariano Mercurio¹ · Francesco Izzo³ · Marco De Sanctis⁴ · Claudio Di Iaconi⁴ · Fulvio Trasacco⁵ · Giovanni De Feo⁶ · Ciro Romano⁷ · Stefania Oppido⁷ · Marta Moracci⁷ · Vincenzo Baldi² · Veronica Vitagliano¹ · Flavia De Nicola¹

¹ Dipartimento di Scienze e Tecnologie, Università degli Studi del Sannio, Via dei Mulini, 73, Benevento, BN – 82100, Italia; ² Dipartimento di Chimica e Biologia “Adolfo Zambelli”, Università degli Studi di Salerno, Via Giovanni Paolo II, 132, Fisciano, SA – 84084, Italia; ³ Dipartimento di Scienze della Terra, dell’Ambiente e delle Risorse, Università degli Studi di Napoli Federico II, Via Vicinale Cupa Cintia, 21, Napoli, NA – 80126, Italia; ⁴ Istituto di Ricerca Sulle Acque del Consiglio Nazionale delle Ricerche (CNR–IRSA), Viale Francesco De Blasio, Bari, BA – 70132, Italia; ⁵ BIOS MIMESIS SRL, Via Francesco Cilea, 40, Aversa, CE – 81031, Italia; ⁶ Dipartimento di Ingegneria Industriale, Università degli Studi di Salerno, Via Giovanni Paolo II, 132, Fisciano, SA – 84084, Italia; ⁷ Istituto di Ricerca su Innovazione e Servizi per lo Sviluppo del Consiglio Nazionale delle Ricerche (CNR–IRISS), Via Guglielmo Sanfelice, 8, Napoli, NA – 80134, Italia; ⁸ AMER S.r.l., Località Tempa Pilone, 55/1, Montesano sulla Marcellana, SA – 84033, Italia

According to FAO estimates, more than 10% of the Earth’s soils are degraded due to anthropogenic activities. Addressing this critical challenge requires sustainable strategies to restore soil fertility and rehabilitate microbial biodiversity. Within this framework, the first 9 months of the EMBRACE project (PRIN 2022 PNRR) outline a sustainable strategy for restoring ecological functionality in soils poor in organic matter. The project aims to valorize marine bio-waste and quarry dust, promoting ecological restoration of industrial Mediterranean soils through the application of compost enriched with natural zeolites. A case study in a quarry area in southern Italy (experimental field established December 2024) included three treatments: lumbricompost derived from *Posidonia oceanica* litter plus fish market residues, its zeolite-enriched variant, and an untreated control. Soil samples collected at 3, 6, and 9 months were analyzed for physico-chemical properties (organic matter, water content, pH, EC, water-holding capacity) and biological traits (community-level physiological profiling and five enzymatic activities). Results indicate that marine compost enhances soil functionality via increased enzymatic activities and broader microbial catabolic profiles, while zeolites showed an initial positive effect on microbial metabolic activity. These findings highlight the potential of this compost as a sustainable strategy for rehabilitating soils poor in organic matter. Further seasonal monitoring will evaluate long-term effectiveness, supporting sustainable land management and soil restoration efforts focused on biodiversity and ecosystem functionality in urban/industrial areas.



Keywords: Soil restoration · Microbial biodiversity · Compost · Zeolites

Calcolo di un indice sintetico di qualità del suolo di vigneti allevati a “tendone” per la produzione di uva da tavola

C. Porfido¹ · O. Abdelwahab¹ · G. Altieri¹ · G. Bari¹ · E. Barca² · M. Curci¹ · F. De Mastro¹ ·
C.E. Gattullo¹ · F. Gentile¹ · D. Gerin¹ · F. Montesano¹ · A.M. Netti¹ · F. Nigro¹ · F. Paciolla¹
· S. Pascuzzi¹ · S. Pollastro¹ · G.F. Ricci¹ · M. Spagnuolo¹ · A.M. Stellacci¹ · E. Tarasco¹ · R.
Terzano¹

¹ Dipartimento di Scienze del Suolo, della Pianta e degli Alimenti (Di.S.S.P.A.), Università degli Studi di Bari A.
Moro, Via Amendola 165/A, 70126 Bari (BA), Italy

² Consiglio Nazionale delle Ricerche (CNR), Bari, Italy

L'Italia è uno dei principali produttori di uva da tavola in Europa, con circa 50.000 ettari coltivati, localizzati quasi interamente (circa il 95%) nelle regioni Puglia e Sicilia. Considerata l'entità di questa coltivazione e il suo impatto sia economico che ambientale, la qualità del suolo nei vigneti rappresenta un fattore importante per garantire nel tempo la quantità e la qualità del prodotto, nonché per preservare il suolo dal degrado, sempre più accentuato in diverse zone del Meridione d'Italia. Per questo studio, sono state individuate tre aziende agricole ubicate in diverse zone della Puglia e con caratteristiche di suolo e produttività differenti, in due casi anche all'interno della stessa azienda. In tutti i casi, però, la varietà di uva coltivata è la stessa (Allison seedless) così come la gestione del vigneto. Per tutti e tre i siti sono stati analizzati numerosi parametri fisici, chimici e biologici del suolo, inclusa la valutazione della biodiversità microbica e gli artropodi. I dati sono stati elaborati mediante analisi statistica multivariata, consentendo di individuare un set di indicatori minimo per il calcolo di un indice sintetico di qualità dei suoli. L'indice sviluppato tiene conto sia di parametri chimici che fisici e biologici, alcuni dei quali tipici dei suoli gestiti a “tendone”. Per uno dei siti, l'indice è stato anche spazializzato sull'intera area dell'azienda, consentendo di individuare zone in cui la qualità del suolo risulta peggiore e di metterla in relazione con la produzione. Grazie allo sviluppo di tale indice, è possibile dare indicazioni alle aziende su come migliorare la qualità dei propri suoli, allo scopo di garantire sia che i suoli possano continuare ad offrire gli opportuni servizi ecosistemici, sia per assicurare una continuità della produzione dell'uva da tavola nel tempo. Finanziato da AGRITECH – National Center for Technology in Agriculture – CN00000022 – H93C22000440007

Keywords: Soil quality · Table grapes · Soil health index · Multivariate statistics

Applicazione di tecniche di biorimediazione fito-assistita per la riqualificazione di un'area multi-contaminata del Sud Italia

A. Rutigliano^{1,2} · A. Barra Caracciolo³ · I. Savino¹ · P. Cotugno⁴ · P. Grenni³ · L. Rolando³ · C. Cavone⁵ · R. Carlucci⁶ · V. F. Uricchio^{1,7} · V. Ancona¹

¹ Istituto per le Tecnologie della Costruzione – CNR, Unità Ambiente e Territorio, Bari, Italy

² Dipartimento di Scienze del Suolo, della Pianta e degli Alimenti, Università di Bari Aldo Moro, Bari, Italy

³ Istituto di Ricerca Sulle Acque – CNR, Montelibretti (RM), Italy

⁴ Dipartimento di Chimica, Università di Bari Aldo Moro, Bari, Italy

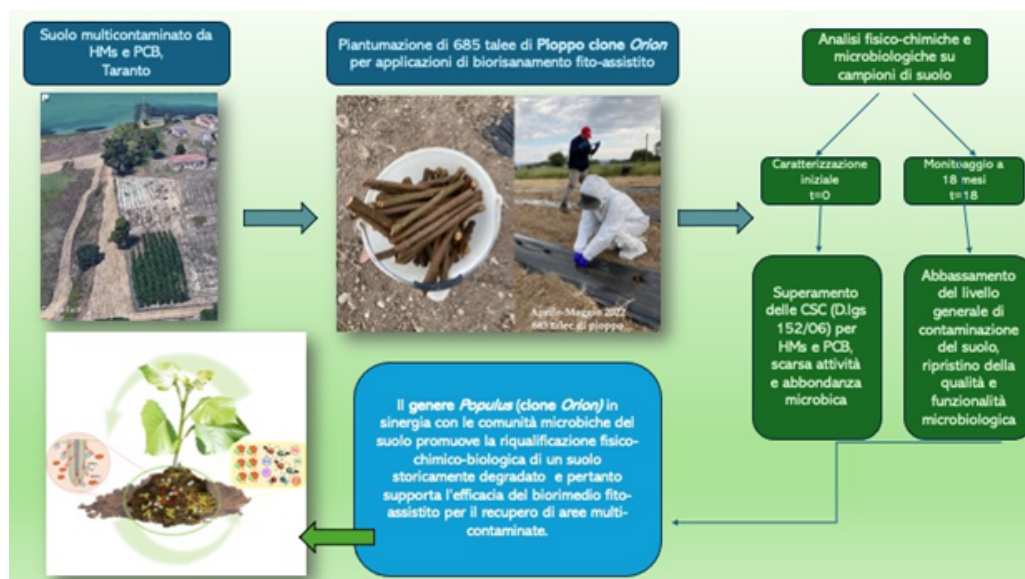
⁵ Istituto di Ricerca Sulle Acque – CNR, Bari, Italy

⁶ Dipartimento di Bioscienze, Biotecnologie e Ambiente, Università di Bari Aldo Moro, Bari, Italy

⁷ Commissario straordinario per gli interventi urgenti di bonifica, ambientalizzazione e riqualificazione dell'area di Taranto, Italy

* Corresponding author: valeria.ancona@cnr.it

La crescente pressione antropica esercitata sugli ecosistemi ha comportato l'immissione di composti altamente nocivi nell'ambiente. Per cercare di contrastare gli effetti provocati da queste sostanze e ripristinare la funzionalità ecosistemica delle matrici ambientali contaminate, gli studiosi hanno elaborato nuove tecnologie sostenibili ed efficaci. Questo studio mostra i risultati preliminari di un'applicazione di tecniche di biorimediazione fito-assistita, realizzata in un'area storicamente multi-contaminata da policlorobifenili (PCB) e metalli pesanti, situata nel sud Italia (Taranto, Puglia). La sperimentazione è stata avviata nel 2022 attraverso la piantumazione di circa 700 talee di pioppo clone Orion, per valutarne l'efficacia nella rimozione dei contaminanti sia di natura organica che inorganica. Le analisi chimiche delle proprietà del suolo (pH, EC), contaminanti (PCB e metalli pesanti) e analisi di ecologia microbica (abbondanza microbica e attività deidrogenasica) sono state eseguite a diversi tempi di indagine: prima della piantumazione (t=0) e a distanza di 18 mesi dalla messa a dimora delle talee (t=18). Le indagini di caratterizzazione iniziale, realizzate nell'area di indagine, hanno rivelato valori di contaminazione eccedenti rispetto ai limiti normativi imposti dal D.lgs 152/2006, sia per i PCB, che per i metalli pesanti. Al contempo, le analisi chimiche e microbiologiche condotte sui campioni di suolo prelevati nell'area destinata alla piantumazione hanno indicato scarsa qualità chimica e biologica. Nel complesso, le analisi condotte a distanza di 18 mesi dall'attività di piantumazione delle talee di pioppo, hanno indicato una sensibile riduzione delle concentrazioni di contaminanti nel suolo, un aumento dei valori di pH e di conducibilità elettrica ed un generale miglioramento degli indicatori di ecologia microbica. Pertanto, i risultati preliminari evidenziano che la specie vegetale *Populus* e, in particolare, il clone Orion, promuove la riqualificazione fisico-chimico-biologica di un'area storicamente degradata e supporta l'efficacia del biorimediazione fito-assistita nel recupero di un suolo multi-contaminato.



Keywords: Biorimediao fito-assistito · PCB · Metalli pesanti · *Populus* spp. · Suoli contaminati

Effects of a microbially enriched biochar on soil properties and lettuce plants grown in a microcosm soil contaminated with four organic compounds of increasing concern

G. Scarpino¹ · R. Sidari¹ · M. T. Rodinò¹ · B. Petrovicova¹ · E. Loffredo² · N. Denora² · S. Mocali³ · S. Del Duca³ · A. Gelsomino¹

¹ Dipartimento di Agraria, Università Mediterranea di Reggio Calabria, Reggio Calabria

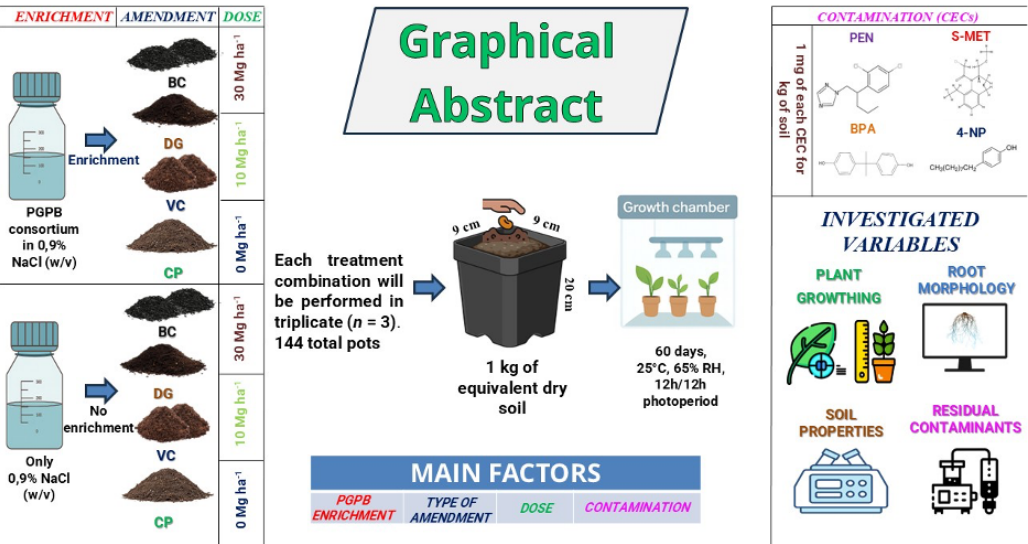
² Dipartimento di Scienze del Suolo, della Pianta e degli Alimenti, Università degli Studi di Bari Aldo Moro, Bari

³ Centro di Ricerca Agricoltura e Ambiente, Consiglio per la Ricerca in Agricoltura e l'Analisi dell'Economia Agraria (CREA-AA), Firenze

The use of biochar derived from biowaste as a soil amendment represents a promising strategy to improve soil fertility and mitigate the impact of contaminants of emerging concern. Within the framework of the PRIN2022 PNRR project (P20223YAYP, funded by the European Union – Next Generation EU), a 60-day microcosm experiment was conducted using lettuce (*Lactuca sativa* L. var. “romana”) grown in an arable soil contaminated with penconazole, S-metolachlor, bisphenol A and 4-nonylphenol (1 mg kg⁻¹ each), and amended with 0, 10 and 30 Mg ha⁻¹ of a biochar enriched with a microbial consortium consisting of *Bacillus licheniformis*, *Bacillus subtilis* and *Serratia plymuthica* strains. Non-contaminated and non-amended soil microcosms were taken as controls. Together with key soil variables (pH, electrical conductivity, TOC and TN), lettuce plant responses were assessed by measuring fresh and dry biomass, root morphology, total polyphenols, antioxidant capacity, flavonoids, chlorophyll content, and photosynthesis fluorescence indices. Biochar addition, particularly at the highest dose, increased TOC and TN only. In contaminated soil, all treatments exhibited a sharp decline in lettuce growth and total biomass, indicating a strong inhibitory effect of pollutants on plant development regardless of the biochar application. Compared to unamended bare soil (control), the percentage of penconazole and S-metolachlor residues in unamended planted soil were significantly ($P \leq 0.05$) lower, suggesting both absorption by lettuce plants and possible increased dissipation of the compounds in the rhizosphere. The addition of each dose of microbially-enriched biochar to bare soil significantly ($P \leq 0.05$) reduced penconazole residues, while this effect was not observed in planted soil. Differently, the dissipation of S-metolachlor in bare soil was not affected by the presence of biochar, while, in planted soil, biochar appeared to increase the residues of this compound. Data processing is still ongoing to provide a more comprehensive overview of the interactions among experimental factors.

ACKNOWLEDGEMENTS

PRIN2022 PNRR project P20223YAYP, funded by the European Union – Next Generation EU



Keywords: Biofortification · Microbial consortium · Biomass reduction · Adsorption processes

Le torbiere degradate continuano a preservare parte dei cambiamenti ambientali avvenuti nei secoli: il caso della torbiera di Fiaavè

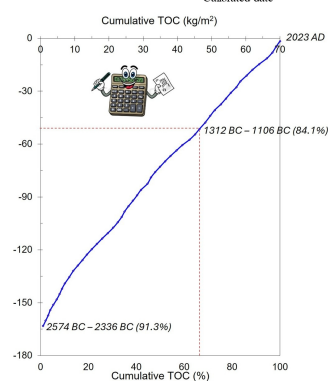
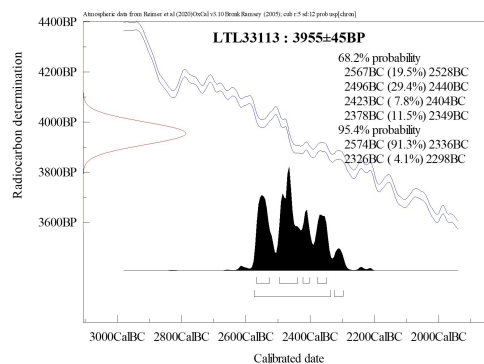
M. Sinatra¹ · G. Galluzzi¹ · M. Avesani¹ · G. Zapparoli¹ · A. Agostini² · C. Zaccone^{1,*}

¹ Dipartimento di Biotecnologie, Università di Verona, strada Le Grazie 15, 37134 Verona

² Servizio sviluppo sostenibile e aree protette, Ufficio Biodiversità e Rete Natura 2000, Provincia Autonoma di Trento, Via Romano Guardini 75, 38121 Trento

* Corresponding author: claudio.zaccone@univr.it

La Riserva Naturale di Fiaavè (Trentino–Alto Adige), appartenente alla rete Natura 2000, è costituita principalmente da una torbiera minerotrofica alcalina (fen) e comprende uno dei “Siti palafitticoli preistorici dell’arco alpino” dell’età del Bronzo inseriti nell’elenco dei Patrimoni dell’umanità dell’UNESCO. Una carota di 200 cm (160 cm di torba più 40 cm di sedimento lacustre sottostante) è stata prelevata al fine di ricostruire la storia della più antica comunità agricola europea, nonché di valutare l’influenza dell’agricoltura (antica e moderna) sullo sviluppo della torba. L’intera carota è stata suddivisa in sezioni da 3 cm, ognuna delle quali è stata caratterizzata dal punto di vista fisico e chimico (e.g., contenuto in ceneri, densità, contenuto d’acqua gravimetrico, pH, analisi elementare CHNS, stabilità termica). Alcuni macrofossili sono stati poi identificati a diverse profondità e datati al radiocarbonio (¹⁴C). Su campioni selezionati è stata infine determinata la presenza e la diversità di diatomee, funghi filamentosi e lieviti in funzione della profondità e, di conseguenza, del tempo. I dati hanno confermato lo sfruttamento della torba (>150000 t estratte) avvenuto dal 1830 circa fino al 1950–60, attività che ha fortemente influenzato le principali proprietà degli strati più superficiali dell’attuale torba (i.e., aumento della densità e del contenuto di ceneri, diminuzione del contenuto d’acqua e delle concentrazioni di carbonio e azoto nei primi 60 cm di profondità). Sebbene l’estrazione della torba, insieme all’espansione dell’agricoltura moderna nei terreni circostanti, abbia compromesso in modo significativo questo ecosistema, le analisi filogenetiche hanno mostrato un’estrema biodiversità, con 7 taxa di funghi filamentosi e 2 di lieviti non assegnabili a nessuna specie riconosciuta. Tali risultati sottolineano quindi l’importanza di promuovere l’adozione di buone pratiche di gestione dell’intera area (e.g., aree tampone, paludificazione) al fine di preservare i servizi ecosistemici forniti dalle torbiere, per quanto esse possano sembrare ormai degradate.



Keywords: Zone umide · Natura 2000 · Sequestro del carbonio · Biodiversità

Tracciabilità e qualità in diversi regimi agricoli e localizzazioni geografiche di varietà autoctone e commerciali di peperone

S. Socciarelli¹ · G. Corti¹ · C. Beni¹ · U. Neri¹ · R. Aromolo¹

Consiglio per la Ricerca e la sperimentazione in Agricoltura – Centro di Ricerca Agricoltura e Ambiente (CREA-AA), Via della Navicella 2-4, 00184 Roma. *Corresponding author: silvia.socciarelli@crea.gov.it

In questo lavoro si prendono in considerazione alcuni dei risultati ottenuti nell'ambito di un importante progetto già svolto, relativi ad una specie autoctona di peperone, il Peperone a “Corno Rosso” varietà locale “RS08”, coltivata in regime di agricoltura sia biologica che convenzionale a Monsampolo (AP), in biologico a Cesena e il rispettivo ibrido commerciale, Alceste, coltivato in biologico a Monsampolo. Ci si è proposti di individuare differenze tra metodo di coltivazione (biologico vs convenzionale), genotipo (var. locale vs ibrido commerciale) e zona di origine (Monsampolo vs Cesena). Tali peculiarità sono state indagate attraverso l'impiego di tecniche analitiche avanzate: spettroscopia di Risonanza Magnetica Nucleare allo stato semi-solido (HRMAS-NMR) e spettroscopia di Emissione Ottica al Plasma (ICP-OES). La prima ha permesso di ottenere il profilo metabolico del prodotto, cioè l'impronta digitale del fenotipo, la seconda ha permesso di determinare quantitativamente macro-, micro- e meso-elementi, correlabili con la zona di origine, con la pratica agronomica e con la qualità. Dalle analisi con NMR è stata osservata una differenziazione tra coltivazione biologica e convenzionale oltre a quella dovuta alla diversa zona geografica. Anche le analisi effettuate con ICP mostrano risultati che diversificano sia diversi prodotti (var. locale vs ibrido commerciale) sia una discriminazione geografica. In generale dai risultati ottenuti si può desumere che la varietà di Peperone a “Corno Rosso” può essere inserita in tutti gli areali testati; inoltre la varietà locale “RS08” ha mostrato, rispetto all'ibrido commerciale Alceste, una migliore qualità nutrizionale. È quindi evidente come la ricerca sul suolo debba rappresentare lo strumento operativo per le politiche agricole ed ambientali al fine di rendere possibile un uso sostenibile e responsabile del territorio, e garantirne così la produttività e la vocazionalità in relazione alla sua fertilità. È recentissima, in quest'ambito, l'approvazione, da parte dell'UE, della Soil Monitoring Law.

Keywords: Tracciabilità · Qualità · Metaboliti · Metalli pesanti · Peperone

Physico-chemical and biological properties of soils in organically managed farms in Rovigo Province

Piergiorgio Stevanato¹ · Shunlei Li¹ · Marco Gnudi² · Francesca Ragazzi² · Federico Gavinelli¹ · Claudia Chiodi¹ · Carmelo Maucieri¹ · Maria Giordano¹ · Lucia Giagnoni¹ · Andrea Squartini¹ · Giuseppe Concheri¹

¹ Department of Agronomy, Food, Natural Resources, Animals and Environment, University of Padova, 35020 Legnaro, Italy

² Unità Organizzativa Qualità del Suolo, Agenzia Regionale per la Protezione Ambientale del Veneto (ARPAV), 31100 Treviso, Italy

This study assessed the physico-chemical and biological properties of soils from three organic farms in Rovigo Province, Italy (Le Barbarighe, Sole & Terra, Canal dei Cuori), with the aim of identifying depth-related patterns relevant to organic sugar beet cultivation. Soil profiles were sampled down to 120 cm and analyzed for pH, electrical conductivity (EC), particle size distribution, aggregate stability, inorganic nitrogen forms (NO_3^- , NO_2^- , NH_4^+), and total extractable nitrogen. Biological indicators included the QBS-ar index, microbial abundance (16S/18S rRNA genes), and functional genes involved in nitrogen and carbon cycling (*amoA*, *nifH*, *nirK*, *nirS*, *nosZ*, *gh48*). Soils were generally neutral to alkaline. Sandy fractions increased markedly with depth at Sole & Terra, while Canal dei Cuori showed the highest EC values. Aggregate stability was lowest in surface horizons but increased with depth. Nitrate and total nitrogen were concentrated in the upper 0–40 cm, declining sharply below 60–80 cm, whereas nitrite remained uniformly low and ammonium showed site-specific depth profiles. Gene abundance peaked in surface horizons, with secondary maxima often observed at 70–100 cm. These findings highlight a clear vertical stratification of soil properties and microbial functions. A depth-stratified monitoring framework targeting pH/EC, nitrate, QBS-ar, and functional genes is proposed to support adaptive agronomic strategies aimed at conserving surface fertility and tracking ammonium accumulation in deeper horizons under organic management.

Keywords: Soil properties · Organic farming · Microbial functions

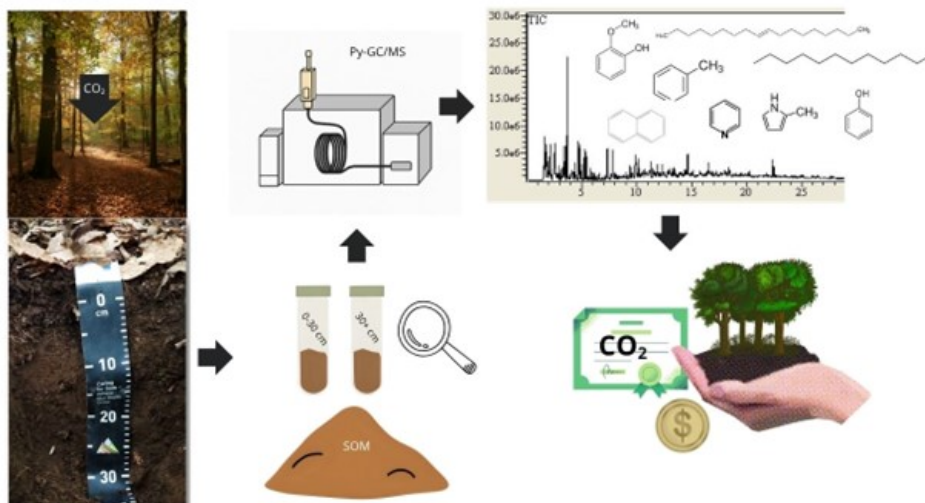
Pyrolysis-GC/MS: an innovative approach for assessing carbon stabilization in chestnut forest soils

F. Stotani^{1*} · R. Marabottini¹ · S. Marinari¹

¹ Department for Innovation in Biological, Agri-Food and Forest Systems (DIBAF), University of Tuscia, Italy

*Corresponding author: federico.stotani@unitus.it

Understanding the mechanisms underlying the formation and stabilization of soil organic matter (SOM) is of fundamental importance for developing sustainable management strategies for forest soils. In this context, innovative approaches describing the molecular composition of SOM can represent a crucial resource to support and implement policies aimed at preserving organic carbon. Among these, pyrolysis coupled with gas chromatography and mass spectrometry (Py-GC/MS) stands out as an innovative method for SOM characterization, capable of elucidating its molecular composition. In the present study, this technique was applied to soils from chestnut forests located in four study areas of a temperate region (central Italy), with the objective of identifying the compounds primarily involved in organic carbon stabilization. The molecular data were integrated with analyses of soil physicochemical properties in samples collected from two depth intervals: 0–30 cm and 30 + cm. The results may contribute to the identification of indicators, as humification indices, useful for supporting carbon conservation and monitoring policies in forest soils and particularly in chestnut ecosystems which play a key role due to both their high carbon sequestration potential and their wide distribution, with significant implications for climate change mitigation.



Keywords: Pyrolysis-GC/MS · Soil organic matter · Chestnut forests · Carbon stabilization

Modelling approach towards an integrated human, animal and ecosystems risk assessment of pesticides

N. Suci¹ · D. Figueiredo² · G. Fragkoulis¹ · P.T.J. Scheepers³ · A. Huss² · V. Geissen⁴ · L. Lamastra¹ · M. Trevisan¹

¹ Department for Sustainable Food Process (DISTAS), Università Cattolica del Sacro Cuore, Piacenza, Italy

² Institute for Risk Assessment Sciences, Utrecht University, Utrecht, Netherlands

³ Radboud Institute for Health Sciences, Nijmegen, Radboudumc, Netherlands

⁴ Soil Physics and Land Management Group, Wageningen University and Research, Wageningen, Netherlands

Farming systems in Europe rely strongly on the use of Plant Protection Products (PPPs) to secure yields and food safety in plant production and animal husbandry, using an average 340,000–370,000 tons of active substances per year. Multiple PPP residues are commonly found in soil, water, crops, food and feed, animals and humans. Of the 487 substances approved in the EU market and combined in several thousand different commercial PPPs, almost 50% are bioaccumulative and 25% are persistent in soil. According to the Classification, Labelling and Packaging Regulation (CLP), 30% have a high acute aquatic toxicity and 28 are suspected carcinogens. However, data on the distribution of PPPs across European agricultural landscapes, that account for ecological and environmental variability, are scarce and fragmented. The new EU Soil Monitoring and resilience Directive requests, for the first time, the Member States to set a list of contaminants for the soil descriptors related to soil contamination, including pesticides and their metabolites, and to collect all the relevant data concerning their toxicity, persistence and mobility, possible sources and occurrence, human biomonitoring and the presence in environmental media. There is a need to harmonize data collection approaches across Europe and collect the critical data necessary to deliver integrated approaches to fully assess overall risks and impacts of PPP formulations, residues and their metabolites. Although a general framework for the sustainable use of PPPs is in place, the tools, methods and measures, especially those aimed at a global assessment of impacts, are lacking. In this context, the H2020 SPRINT project aimed to develop a Global Health Risk Assessment Toolbox that combines fate and exposure of PPPs with health risk assessments, using data collected in 10 case studies across EU. The present work illustrates the approach and the models chain selected for the assessment of PPPs fate, in soil, surface water and sediments, air outdoor and dust indoors and exposure of aquatic and terrestrial organisms, soil organisms and humans. The outputs and mathematical formulations have been further used for the development of an upscaling model, capable of running at national and European scales.

Keywords: Pesticide risk assessment · Global health · Environmental exposure · PPP fate modelling

Indici pedogenetici e proprietà chimico-fisiche dei suoli quali strumenti per l'identificazione di discontinuità pedologiche, che si configurano come potenziali superfici di rottura-scivolamento nelle frane superficiali: evidenze da un bacino pilota in Calabria (Italia meridionale)

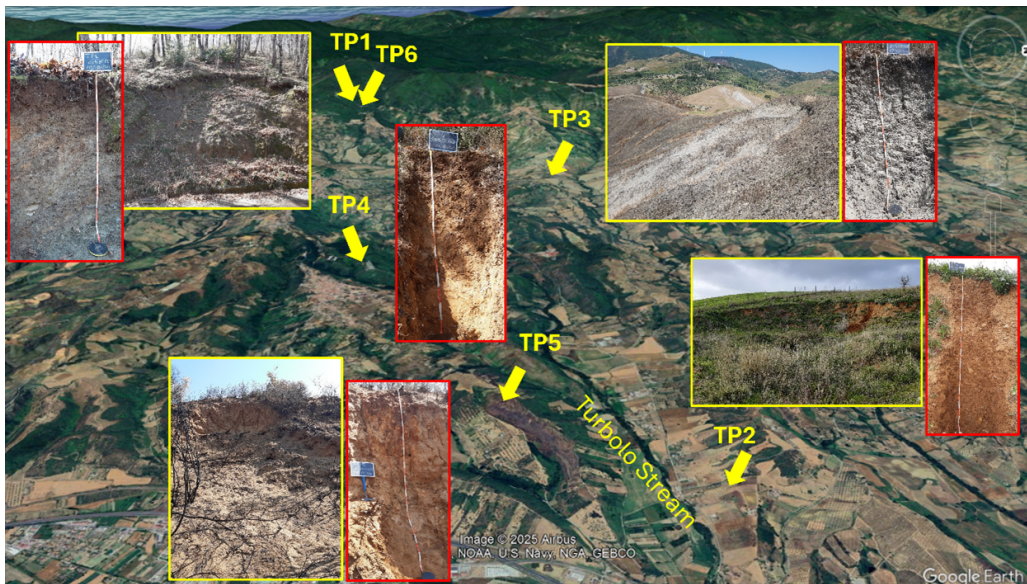
S. Vingiani^{1*} · M. Conforti² · L. Borrelli² · E. Ceravolo³ · G. Cofone² · F. Perri³ · P. Ruocco¹ · F. Terribile¹ · F. Scarciglia³

¹ Dipartimento di Agraria, Università degli Studi di Napoli Federico II, Piazza Carlo di Borbone 1, 80055 Portici (NA), Italy; Corresponding author: simona.vingiani@unina.it

² Istituto di Ricerca per la Protezione Idrogeologica, Consiglio Nazionale delle Ricerche (CNR-IRPI), Via Cavour 4-6, 87036 Rende (CS), Italy

³ Dipartimento di Biologia, Ecologia e Scienze della Terra (DiBEST), Università della Calabria, Via P. Bucci – Cubo 15B, 87036 Rende (CS), Italy

Le frane superficiali rappresentano processi geomorfologici naturali che modellano attivamente il paesaggio e costituiscono un importante meccanismo di denudazione nelle aree montane e collinari, con impatti significativi su ecosistemi, infrastrutture e insediamenti. La natura e la distribuzione delle discontinuità pedologiche, generate dai processi pedogenetici, influenzano fortemente sia l'innescio sia la propagazione delle frane, agendo come potenziali superfici di rottura-scivolamento. Il progetto SOIL SHADES (SOIL features and pedogenic processes as predisposing factors of SHallow landsliDES), finanziato dal PNRR e dal programma PRIN, affronta tali dinamiche attraverso un approccio multi-scala e multi-analitico. L'area studio comprende un bacino pilota nel settore calabrese del Torrente Turbolo, dove sei profili pedologici sono stati analizzati all'interno delle nicchie di distacco di frane sviluppatesi in differenti contesti geomorfologici e su litologie variabili, tra cui rocce metamorfiche, argilliti e depositi sabbioso-conglomeratici. Le proprietà del suolo mostrano un'elevata variabilità: suoli limosi e sabbiosi fortemente acidi su rocce metamorfiche; suoli limoso-argillosi alcalini su depositi argillosi; tessiture e pH intermedi su sabbie e conglomerati. I contenuti di ferro e alluminio estratti selettivamente (Alox, Feox, Fedith) e i totali (Fet) hanno permesso il calcolo di indici pedogenetici (Feox/Fedith, Fedith/Fet, Fet–Fedith) e proprietà andiche ($\%Alox + \frac{1}{2} Fe_{ox}$). Proprietà vitriche caratterizzano i suoli sviluppati su rocce metamorfiche. In tutti i suoli formatisi su depositi sabbiosi, l'illuviazione dell'argilla ha determinato la formazione di orizzonti argillici che costituiscono discontinuità pedogenetiche poste a profondità variabili tra 50 e 140 cm, riconosciute come potenziali superfici di scivolamento. I risultati evidenziano il ruolo chiave dei processi pedogenetici nel controllo della stabilità dei versanti, fornendo una base scientifica solida per politiche efficaci di mitigazione del rischio idrogeologico e per la pianificazione territoriale in aree vulnerabili.



Keywords: Pianificazione territoriale · Frane superficiali · Rischio idrogeologico · Indici pedogenetici
· Discontinuità del suolo

EPRIP-rice: Comparative Assessment of Paddy and Canal Soil under Three Distinct Irrigation Systems

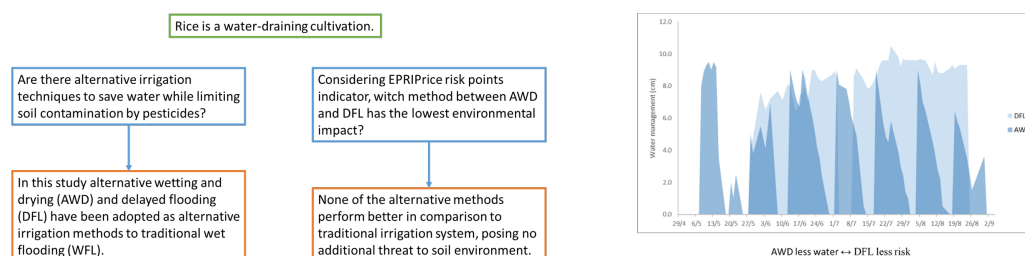
D. Voccia¹ · L. Lamastra^{1,*} · M. Trevisan¹

¹ Università Cattolica del Sacro Cuore, Italy

* Corresponding author: lucrezia.lamastra@unicatt.it

The creation and deployment of reliable indicators for pesticide risk evaluation are crucial instruments for assessing and reducing the environmental and public health threats that stem from using pesticides in farming. The existing Environmental Potential Risk Indicator for Pesticides (EPRIP) is inadequate for rice paddy cultivation because of its inability to precisely gauge pesticide risk within this distinct agricultural setting. This limitation is mainly due to the unique hydrological features and ecological processes of paddy fields, which are fundamentally different from those found in other farming systems. Rice cultivation in northern Italy has traditionally relied on a water-intensive method: continuous flooding after wet seeding (WFL). Due to growing water scarcity, alternative irrigation strategies like dry seeding and delay flooding (DFL) and alternate wetting and drying (AWD) have gained attention. These methods promise water savings of up to 10% and 20%, respectively, compared to WFL. To evaluate the impact of adopting these new strategies, it is essential to assess their advantages and disadvantages in terms of water conservation, yield, and environmental effects. The recently improved Environmental Potential Risk Indicator for Pesticides (EPRIPrice) [1], with further upgrade for paddy soil compartment, was employed in this study to assess the potential paddy and canal soil contamination associated with the use of pesticides in each irrigation method.

1. D. Voccia, L. Lamastra, G. Fragkoulis, A. Facchi, O. Gharsallah, F. Ferrari, “Improving a herbicide risk assessment model in paddy rice cultivation”, *Heliyon* 10 (2024) e26908. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e26908>



Keywords: Pesticide risk · Rice cultivation · Irrigation systems · Environmental indicators

12 dicembre 2025 – Poster II

Process-Based Modelling of Soil Ecosystem Service Bundles: A Novel Approach to Soil Health Evaluation

Marialaura Bancheri^{1,*} · Rossella Albrizio¹ · Angelo Basile¹ · Marco Botta² · Alessia Perego² · Fabio Terribile³

¹ Institute for Mediterranean Agricultural and Forestry Systems (ISAFOM), National Research Council, Piazzale E. Fermi, 1, Portici, NA, 80055, Italy

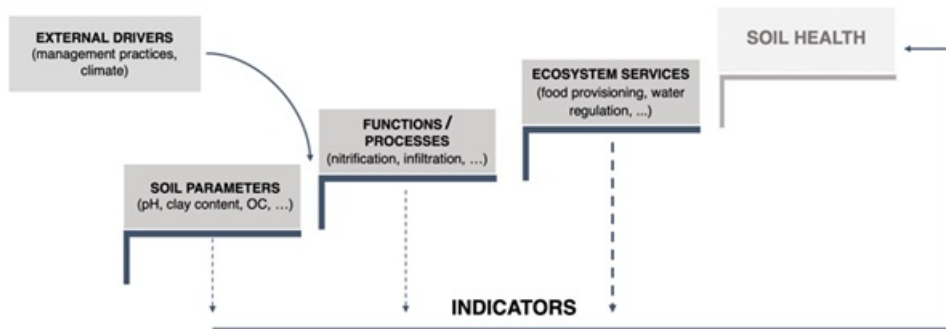
² Department of Agricultural and Environmental Sciences – Production, Landscape, Agroenergy, University of Milan, Via Celoria 2, Milano, 20133, Italy

³ Department of Agriculture, University of Napoli Federico II, Piazza Carlo di Borbone, Portici, NA, 80055, Italy

Over the past decade, a growing number of laws, strategies, and directives have been proposed and implemented to improve the condition and sustainable management of soils. The FAO's SoiLEX soil law database includes more than 1700 legal documents, highlighting the increasing global awareness about the need for soil protection. However, the assessment of soil health (SH) remains challenging, as soil functions integrate multiple physical, chemical, and biological processes that interact across space and time. Our work proposes a methodology to assess a bundle of key soil ecosystem services (SEs) for evaluating potential SH status. To achieve this, we employ the ARMOSA model, which simulates various processes by performing balances of water, carbon, and nitrogen cycles within the soil–plant–atmosphere continuum. The methodological approach unfolds in several stages:

- **Soil Parameters:** Measured or derived parameters are used as inputs, along with climate data and management practices, to feed the model.
- **Functions/Processes:** The process-based model enables the investigation of crop production and the water, carbon, and nitrogen cycles.
- **Ecosystem Services:** Modeling results are aggregated to assess the soil's multifunctionality. In this study, we focused on four fundamental SEs: Food Provisioning, Water Regulation, Carbon Sequestration & Climate Regulation, and Nutrient Cycling. We derived 9 indicators by aggregating model outputs across different temporal and spatial scales.
- **Soil Health:** This represents the final step, grounded in the comprehensive assessment of the SEs bundle.

This methodological approach is illustrated through an application in a large area cultivated with Durum wheat in the Campania Region, Italy. Our results revealed significant spatial variability in SESs, underscoring the necessity for localized strategies tailored to specific environmental and agricultural contexts. Future applications will help identify key ecosystem processes and parameters, guide the selection of system-specific measurements, and explore long-term changes through “what-if” simulations, fostering stakeholder engagement via geospatial decision support tools.



Keywords: Soil ecosystem services · Process-based modelling · Soil health · ARMOSA model

Armonizzazione delle Unità Tipologiche di Suolo tra Regioni Amministrative: un caso di studio dalla Toscana e dal Lazio, Italia

Roberto Barbetti¹ · Carlos Lozano Fondon¹ · Romina Lorenzetti³ · Lorenzo Gardin³ · Massimo Paolanti⁴ · Giovanni L'Abate¹ · Andrea Lachi¹ · Maria Fantappiè¹ · Rosario Napoli¹

¹ CREA-AA Consiglio per la ricerca in agricoltura e l'analisi dell'economia agraria, Agricoltura e Ambiente (IT)

² CREA-FL Consiglio per la ricerca in agricoltura e l'analisi dell'economia agraria, Foreste e Legno (IT)

³ ARSIAL, Agenzia regionale per lo sviluppo e l'innovazione dell'agricoltura del Lazio – Area qualità e pianificazione territoriale, 00162 Roma

⁴ CNR-IBIMET Consiglio Nazionale delle Ricerche, Istituto per la BioEconomia

* Corresponding author: roberto.barbetti@crea.gov.it

Un sistema informativo nazionale sui suoli, associato a un geo-database armonizzato ai confini regionali, è fondamentale per le politiche di gestione del territorio. Attualmente, la carta dei suoli d'Italia alla scala 1:250,000 è completa, ma costituisce un mosaico eterogeneo. La correlazione tra le tipologie di suolo nazionali, insieme all'inserimento di nuovi profili pedologici per aumentare il dettaglio cartografico, rappresenta un'attività complessa e dispendiosa in termini di tempo e risorse. L'obiettivo di questo studio è testare un processo semi-automatico di classificazione numerica per correlare le SottoUnità Tipologiche di Suolo (STS) della Soil Region Costiera 60.7, situata tra Toscana e Lazio. Il database di riferimento include 568 profili di suolo, articolati in 187 STS, che rappresentano 19 diversi Reference Soil Group (RSG) del sistema WRB. Il confronto tra profili integra attributi a livello di orizzonte e di sito, comprendendo proprietà continue e variabili categoriali. L'analisi è stata condotta in R utilizzando il pacchetto aqp v.2.1 (Algorithm for Quantitative Pedology). Il flusso di lavoro ha previsto la creazione di un oggetto SoilProfileCollection, la derivazione della matrice delle distanze e il suo impiego come base per la clusterizzazione. L'aspetto innovativo consiste nella gestione di dati ordinali, che consentono un trattamento quantitativo di variabili qualitative (es. denominazione degli orizzonti, classi di drenaggio), e nell'integrazione della distanza tassonomica dei RSG. I risultati preliminari, valutati con indici statistici come la correlazione cofenetica, indicano che l'algoritmo di clustering K-medoids PAM è il più efficace, soprattutto con dataset compresi tra poche decine (≈ 50) e alcune centinaia (≈ 500). Infine, il posizionamento dei profili pedologici tramite plot nMDS (non-Metric Multidimensional Scaling), successivo all'ordinamento, si è dimostrato un metodo oggettivo per: (i) l'assegnazione semi-automatica di nuovi profili alle STS esistenti; e (ii) la valutazione della vicinanza tra STS lungo il confine tra Lazio e Toscana.



Keywords: Clustering · AQP package · Soil profile database · Pedometria

iCOSHELLs: Innovazione e cooperazione per il ripristino della salute del suolo in Europa.

M. C. Fontanella¹ · C. Giordani¹ · G. M. Beone^{1,*}

¹ Università Cattolica del Sacro Cuore, Dipartimento di Scienze e Tecnologie Alimentari per una Filiera Agro-Alimentare Sostenibile, Piacenza, Italy

* Corresponding author: gian.beone@unicatt.it

Il progetto di ricerca iCOSHELLs mira a promuovere la salute del suolo attraverso una rete di Living Lab attivi in diverse regioni europee: Paesi Baschi, Bulgaria, Grecia, Italia, Spagna e Svezia. Il progetto coinvolge 39 partner e riunisce un'ampia varietà di stakeholder locali per collaborare e sperimentare strategie efficaci di rigenerazione del suolo. Il suolo è una risorsa vitale per la vita sulla Terra, ma oggi tra il 60% e il 70% dei suoli dell'UE è considerato malsano, a causa di inquinamento, urbanizzazione e pratiche agricole intensive, fenomeni ulteriormente aggravati dai cambiamenti climatici. Questo degrado genera impatti economici, sociali e ambientali significativi, tra cui la riduzione della produttività agricola e la perdita di biodiversità. Il progetto mira a rafforzare le competenze degli stakeholder, collegando ricerca scientifica e applicazioni pratiche, approfondendo la comprensione degli indicatori di salute del suolo e replicando metodi efficaci di recupero. Particolare attenzione è dedicata al processo strutturato di co-creazione, in cui ricercatori, agricoltori, autorità locali, imprese e cittadini collaborano alla definizione dei problemi e alla sperimentazione delle soluzioni in contesti reali. Questo approccio garantisce che le innovazioni rispondano a esigenze concrete e siano socialmente accettabili, favorendo la consapevolezza sociale e la partecipazione attiva nella transizione verso suoli più sani. La diversità geografica e climatica dei 6 Living Lab consente di affrontare sfide regionali specifiche favorendo la replicabilità e l'innovazione. L'Italian Soil Health Living Lab (IT LL), coordinato da ISINNOVA, si focalizza sul miglioramento della salute del suolo nelle aree rurali, urbane e periurbane delle Valli dell'Adige e del Po, territori che racchiudono una notevole diversità di condizioni pedoclimatiche, rappresentative della transizione tra ambienti alpini e mediterranei. Il progetto, coordinato da RISE, è partito il 1° settembre 2024 e avrà una durata di 4 anni. Aggiornamenti e notizie sono disponibili sulla pagina LinkedIn del progetto: <https://www.linkedin.com/company/104658102/>.

icosHELLs

Co-creare soluzioni innovative per ripristinare la salute del suolo in tutta Europa



4 anni di durata

39 Partners da 8 paesi

6 Living Labs in tutta Europa

12 milioni di euro di budget totale

Italian Soil Health Living Lab

aree che abbracciano diverse condizioni pedoclimatiche alpino-mediterranee



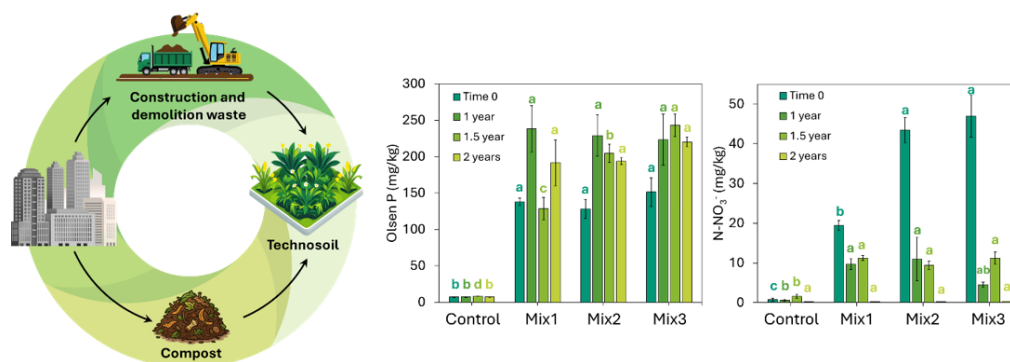
Keywords: Salute del suolo · Living lab · Rigenerazione del suolo

Technosols from urban waste: a circular approach for sustainable urban development

Alice Boarino · Faten Khelifi · Giovanni Barbera · Matteo Caser · Federica Larcher · Elio Padoan

Department of Agricultural, Forest and Food Sciences, University of Turin, Largo Paolo Braccini 2, 10095
Grugliasco, Italy

Soil, though fundamental to life, providing over 95% of global food and sustaining more than a quarter of all biodiversity, is a finite and rapidly diminishing resource. Expanding cities, infrastructure, and commercial developments are increasingly consuming fertile agricultural and natural land, resulting in soil sealing, degradation, and contamination. This trend poses serious risks to food production, ecological balance, and long-term sustainability. To counteract these pressures, our research investigates urban land rehabilitation through the creation of technosols: artificial soils engineered from construction and demolition waste (CDW) combined with organic materials such as compost from municipal organic waste. As CDW is the most widely produced waste in Europe, accounting for 37.5% of total waste, its reuse represents both an environmental necessity and an opportunity to reduce waste transport and disposal. The study established a pilot site in Chieri (Province of Turin, Italy), where several technosol compositions are compared with natural soils for their capacity to support plant growth. Regular sampling and analyses of the soils are performed to monitor their evolution, as well as the agronomic, physicochemical, and microbiological properties critical for fertility. Various perennial herbaceous species were cultivated on the technosols to evaluate plant responses and soil functionality. After two years, the project is yielding positive preliminary results. The transformation of urban residues into productive soils demonstrates a viable strategy to mitigate land degradation, conserve natural resources, and integrate circular economy principles into urban environmental management. This work has been financed by MUR for the NODES project (Funds M4C2, Investment 1.5, NextGenerationEU Grant agreement Cod. n. ECS00000036)



Keywords: Technosols · Construction and demolition waste · Circular economy · Urban soil rehabilitation

The SOUL Project: Bio-based in Soil applications with Optimal biodegradation in their Ultimate Life

Margherita Caggiano^{1,*} · Caterina Capri¹ · Sara Guerrini² · Patrizio Salice² · Marta Saccomanno² · Claudio Ciavatta² · Claudio Marzadori³ · Martina Mazzon³

¹ Re Soil Foundation

² Novamont

³ Department of Agricultural and Food Sciences and Technologies, University of Bologna

* Corresponding author: margherita.caggiano@resoilfoundation.org

Plastic use in agriculture has increased rapidly due to its important role in water conservation, weed control, and crop yield improvement. However, most agricultural plastics are non-biodegradable, poorly collected, and rarely recycled, resulting in soil pollution, landfilling, and broader environmental risks. Protecting soil quality has therefore become a major challenge for sustainable farming and the circular economy. The Horizon Europe SOUL project aims to develop innovative, biodegradable materials with high renewable content to replace conventional plastics used in agriculture and related sectors. SOUL integrates three material building blocks with eight enabling technologies to create eleven advanced products reaching TRL 8 deployment. These products, designed for agricultural, landscaping, leisure and industrial applications such as mulching films and controlled-release systems, will ensure biodegradability directly in soil. With up to 95% renewable raw materials, they will significantly reduce carbon footprints and improve end of life management, eliminating the need for collecting or recycling plastic residues. One of the key aspects of the project is the assessment of the new materials' effects on soil functionality and health through laboratory and field experiments. Laboratory studies will investigate chemical and biochemical properties together with the measurement of enzymatic activities related to carbon, nitrogen and phosphorus cycles using two different soils. Field trials will be carried out in two contrasting European regions (North and South) to evaluate long-term effects on soil functionality, analysing physico-chemical and microbial properties and nutrient acquisition processes. By replacing persistent plastics with soil-biodegradable solutions, SOUL will directly contribute to improved soil health and long-term agricultural productivity. The project will establish a sustainable and circular value chain for agricultural plastics, enhancing resilience in the European bioeconomy. Its outcomes will safeguard soil quality, prevent environmental contamination, and support EU policies that promote sustainable agriculture, resource efficiency, and innovation in bio-based markets.



Keywords: Circular economy · Soil-biodegradable materials · Sustainable agriculture · Agricultural plastics · Soil health

Gestione del suolo e riscaldamento globale in vigneto: impronta carbonica e valutazione socio-economica

Caterina Capri^{1,*} · Giorgio Galluzzi¹ · Marco Andreolli¹ · Alice Furlan¹ · Lucrezia Lamastra² ·
Silvia Lampis¹ · Claudio Zaccone¹

¹ Dipartimento di Biotecnologie, Università di Verona, strada Le Grazie 15, 37134 Verona

² Dipartimento di Scienze e Tecnologie Alimentari per una filiera agro-alimentare Sostenibile, Università Cattolica del Sacro Cuore, Via Emilia Parmense 84, 29122 Piacenza

* Corresponding author: caterina.capri@univr.it

Il settore vitivinicolo è oggi chiamato a conciliare competitività (quali-quantitativa), tutela dell'ambiente e resilienza al cambiamento climatico, in linea con gli orientamenti della Politica Agricola Comune (PAC) e del Green Deal europeo. In questo contesto, il presente studio mira a valutare l'efficacia del sequestro del carbonio nei suoli di tre vigneti situati in Veneto e caratterizzati da diverse condizioni pedoclimatiche (Negrar, Lonigo, Albaredo d'Adige), varietali (Corvina, Glera, Garganega) e di gestione del suolo (ammendamento, inerbimento e suolo nudo), con particolare attenzione all'impiego di digestato in un'ottica di economia circolare e mitigazione climatica. Oltre alla determinazione degli stock di carbonio in funzione della gestione del suolo, è stata stimata la loro stabilità e vulnerabilità al global warming (+ ~2°C; SSP2-4.5), simulato in pieno campo tramite l'utilizzo di Open Top Chambers (OTC). I campioni di suolo, prelevati in quattro momenti (a 0, 6, 12, 18 mesi dalla collocazione delle OTC) e a 3 profondità (0–15, 15–30, 30–45 cm), sono stati caratterizzati dal punto di vista fisico, chimico e microbiologico. L'impatto delle diverse tesi testate è stato valutato mediante Life Cycle Assessment (ISO14040), integrando dati sperimentali e inventari aziendali per stimare l'impronta carbonica dei vigneti. Parallelamente, sono stati analizzati gli aspetti socio-economici, considerando costi, benefici e barriere all'adozione di pratiche più sostenibili. Questo approccio metodologico consentirà di individuare strategie di gestione del suolo in grado di garantire un sequestro di carbonio più stabile, ridurre l'impatto ambientale della viticoltura e fornire evidenze scientifiche utili a supportare l'implementazione di politiche agricole più sostenibili e i sistemi di pagamento nell'ambito del carbon farming; inoltre, fornirà informazioni sulla vulnerabilità dei vigneti in uno scenario di cambiamento climatico. Studio condotto nell'ambito del progetto SUSTAIN “SeqUeSTro del cArbonio in vIgNeto: utilizzo di biomasse in uno scenario di cambiamento climatico” finanziato dal MASAF (Area 2; D.M. n. 419782 del 14/08/2023).

Keywords: Carbon sequestration · Soil management · Vineyard · Global warming · LCA

Integrated geomorphological, pedological and geophysical analyses to better understand the morphodynamic features of shallow landslides: a case study from Calabria, Southern Italy.

M. Conforti^a · S. Vingiani^b · E. Ceravolo^c · P. Ruocco^b · L. Borrelli^a · G. Cofone^a · F. Ietto^c · F. Perri^c · F. Terribile^b · F. Scarciglia^c

^a Istituto di Ricerca per la Protezione Idrogeologica (CNR-IRPI), Rende (CS), Italy

^b Department of Agricultural Sciences (DIA), University of Naples Federico II, Portici (NA), Italy

^c Dipartimento di Biologia, Ecologia e Scienze della Terra (DiBEST), Università della Calabria, Rende (CS), Italy

* Corresponding author: gino.cofone@cnr.it

This study aims to improve the understanding of soil features controlling shallow landslide occurrence by integrating geomorphological, pedological, and geophysical analyses. Conducted within the project “SOIL SHADES – SOIL features and pedogenic processes as predisposing factors of SHallow landsliDES”, funded by NextGenerationEU (PNRR, M4.C2.1.1., PRIN), the research focuses on the Turbolo Basin in northern Calabria, where a slope carved into sand and conglomerate deposits is affected by a shallow earth slide. Multi-temporal geomorphological analysis (satellite imagery, DEMs, field surveys) enabled detailed mapping of the landslide, showing a roto-translational movement approximately 80 m long, 20-35 m wide, and covering 1357 m². Geophysical investigations using 2D electrical resistivity tomography (ERT) provided key insights into landslide geometry and shallow slip surfaces, detecting geological and pedological discontinuities. A representative soil profile along the main scarp (depth ≈3 m) showed moderate to strong weathering, reddish to yellowish brown matrix, mottling indicating prolonged seasonal saturation, and clay coatings suggesting alternating stability and erosion phases. Texture ranged from sandy loam to clay loam with sub-rounded to sub-angular fragments; soils were slightly acid to neutral, reflecting carbonate absence. The integrated approach highlights significant spatial variability in pedological and geomechanical properties that critically influence shallow landslide occurrence.

Keywords: Shallow landslides · Soil features · Multi-analytical data

Progettazione e realizzazione di un Sistema Informativo dei Suoli per migliorare l'accessibilità e implementare un modello di gestione dei dati di tipo federato a livello Mediterraneo

R. Demontis¹ · E. Lorrai¹ · L. Muscas¹ · P. Palla¹ · M.E. D'Amico² · A. Masseroli² · C. Zucca³

¹ CRS4 – Center for Advanced Studies, Research and Development in Sardinia, Pula (Cagliari), Italy

² Università degli Studi di Milano, DISAA, Milano, Italy

³ Università degli Studi di Sassari, Department of Agricultural Sciences and Sustainable Management of Soil and Landscape Centre, Italy

Un Sistema Informativo dei Suoli (SIS) e' un sistema integrato progettato per facilitare l'archiviazione, l'analisi, la gestione e la diffusione dei dati sui suoli. Negli ultimi dieci anni sono stati compiuti progressi significativi in termini di tecnologie disponibili e standard. Tuttavia, in molti paesi, in particolare nelle regioni mediterranee, i dati sui suoli rimangono spesso in formato non digitale, rendendo difficile il loro accesso. Uno degli obiettivi del progetto SOILS4MED e' lo sviluppo di una rete federata di SIS per migliorare l'interoperabilita', la gestione, e l'utilizzo dei dati a livello di regione mediterranea, sulla base di un modello di dati armonizzato, allineato al World Reference Base for Soil Resources (WRB 2022), e con l'implementazione di funzionalita' per l'acquisizione, l'integrazione e la gestione sia dei dati storici sia di quelli recentemente acquisiti. All'interno del sistema, i dati sui suoli sono organizzati in tre entita' strutturate: Profilo del suolo: descrizione completa di un profilo convenzionale del suolo. Campione di suolo: dati di monitoraggio comprendenti descrizioni specifiche del sito e della superficie, caratteristiche degli strati campionati e analisi di laboratorio, secondo il protocollo di monitoraggio sviluppato da SOILS4MED. Indicatore del suolo: dati derivati ottenuti mediante aggregazioni analitiche o statistiche degli attributi dei dataset dei Profili e dei Campioni di suolo. Il SIS utilizza un approccio di Object-Relational Mapping (ORM) all'interno di un framework basato su GeoNode, una piattaforma open-source per la gestione di contenuti geospaziali che integra funzionalita' WebGIS conformi agli standard OGC (Open Geospatial Consortium). Attraverso il SIS, gli utenti possono effettuare operazioni di acquisizione dei dati con controllo automatico della qualita' basato su vincoli di schema e tabelle ausiliarie di validazione, gestione dei dati standardizzata e flessibile, pubblicazione dei dataset in formati GIS-compatibili, conformi agli standard OGC, con supporto per interrogazioni spaziali, temporali e basate sugli attributi e Controllo degli accessi utilizzando il sistema di permessi integrato di GeoNode, applicabile sia tramite interfaccia web sia tramite API RESTful.

RINGRAZIAMENTI

Il progetto SOILS4MED (SOIL health monitoring and information systems FOR sustainable soil management in the MEDiterranean region), fa parte del programma PRIMA (Partnership for Research and Innovation in the Mediterranean Area) sostenuto dall'Unione Europea.

Keywords: Soil information system · Data harmonization · WRB 2022 · Federated architecture · GeoNode

Il progetto Horizon EU BENCHMARKS nel contesto dell'analisi dei suoli urbani

G. Ferraro¹ · M. Bancheri² · A. Basile² · R. De Mascellis² · D.P. Di Lonardo³ · G. Langella¹ · P. Manna² · F.A. Mileti¹ · L. Minieri¹ · N. Mzid¹ · C. Perreca¹ · L. Pisano² · S. Vingiani¹ · F. Terribile¹

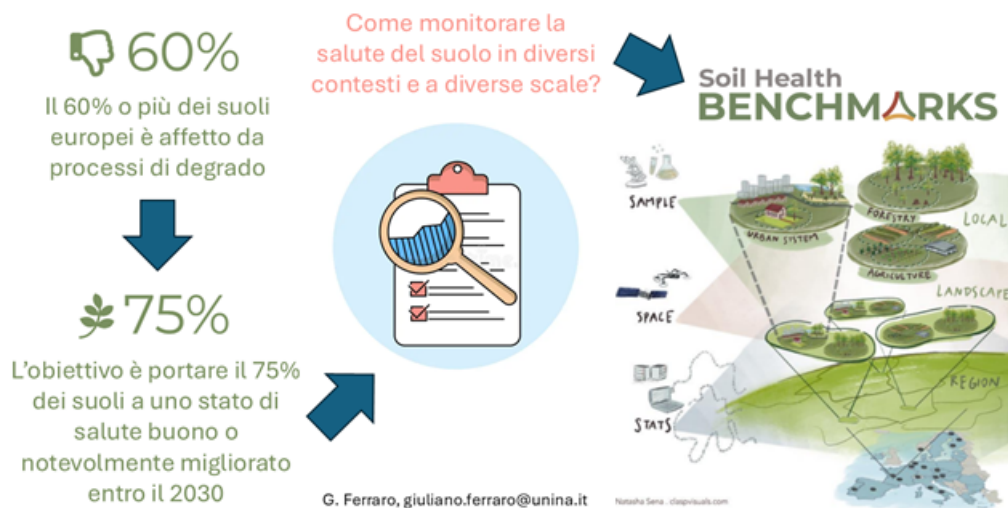
¹ CRISP, Università di Napoli Federico II

² CNR ISAFOM

³ Soil Biology Group, Wageningen University and Research

La Commissione Europea stima che il 60–70% dei suoli europei sia attualmente in uno stato non sano a causa di inquinamento, compattazione, perdita di carbonio organico e altre forme di degrado. In linea con iniziative strategiche come il Green Deal e la Farm-to-Fork, la Missione europea “Soil Health and Food” (SH&F) ha fissato l’ambizioso obiettivo di portare il 75% dei suoli a uno stato di salute buono o notevolmente migliorato entro il 2030. Misurare il successo delle iniziative pubbliche e private è un compito essenziale ma complesso, poiché gli approcci attuali sono spesso basati su un set minimo di indicatori chimici, escludendo indicatori biologici e fisici, e non risultano interoperabili tra Stati membri e settori (agricoltura, silvicoltura, aree urbane). Il progetto BENCHMARKS (<https://soilhealthbenchmarks.eu/>) propone un quadro di monitoraggio multi-scala e multi-utente, trasparente, armonizzato e scientificamente solido. L’approccio del progetto si fonda su tre pilastri metodologici: (1) 29 casi studio in 17 regioni europee, rappresentativi di sistemi agricoli, forestali e urbani; (2) un Framework Integrato per il Monitoraggio della “soil health” (ISHMF), che consente di selezionare indicatori coerenti con obiettivi, uso del suolo, condizioni pedoclimatiche e scala; (3) indicatori derivati da tre fonti di dati: “Sample” (analisi di laboratorio e misure in campo), “Space” (remote e proximal sensing a scala di paesaggio e regionale), e “Stats” (modelli e dati esistenti per colmare lacune informative).

IL PROGETTO HORIZON EU BENCHMARKS NEL CONTESTO DELL'ANALISI DEI SUOLI URBANI



Keywords: Soil health · Urban soils · Monitoring framework

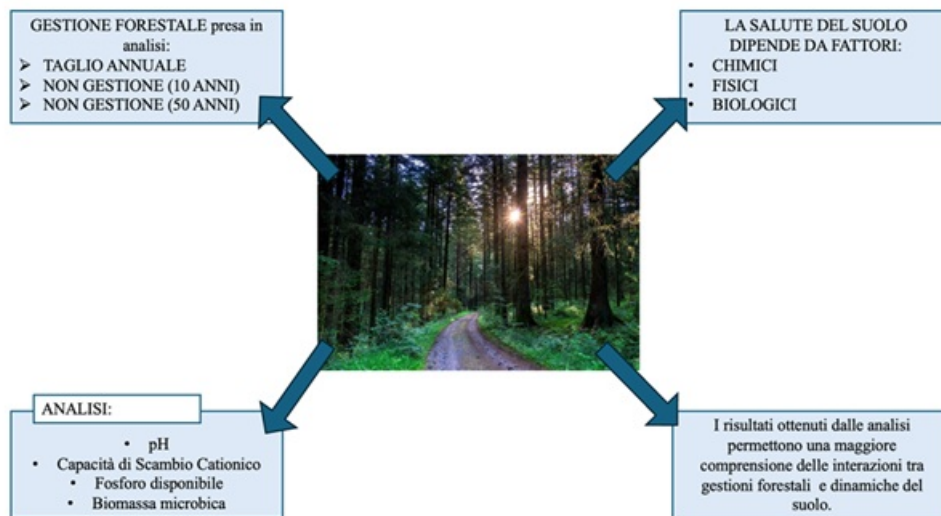
Effetti della gestione forestale sulla qualità del suolo nei boschi cedui di faggio del Comune di Boschetto.

L. Franchi^a · I. De Biasi^a · M. Ianiri^a · E. Allevato^b · S.R. Stazi^a

^a Dipartimento di Scienze Chimiche, Farmaceutiche e Agrarie (DOCPAS), Università di Ferrara, Italia

^b Dipartimento di Scienze Ambientali e della Prevenzione (DiSAP), Università di Ferrara, Italia

I boschi cedui di faggio tipici dell'Appennino sono ecosistemi dove il taglio periodico della vegetazione favorisce la ricrescita da ceppaia. La gestione forestale, ossia la frequenza, intensità e tipo di taglio, influenza fortemente le proprietà fisiche, chimiche e biologiche del suolo. La salute degli ecosistemi forestali deriva da una complessa interazione tra fattori biotici e abiotici. Pratiche di gestione non sostenibili possono compromettere la funzionalità dell'ecosistema, per questo è fondamentale includere la valutazione delle condizioni del suolo nel monitoraggio forestale. Tale approccio è alla base del progetto "Non solo carbonio" (C+AgroForER. CUP: D47G22000290003), che promuove una visione multifunzionale dei sistemi agro forestali dell'Emilia-Romagna, con attenzione alla sostenibilità, ai servizi ecosistemici e alla produzione di alimenti di qualità, nel contesto della transizione ecologica e dei cambiamenti climatici. Nell'ambito di questo progetto l'obiettivo del laboratorio di eccellenza Terrara&Acqua Tech di Ferrara è stato quello di valutare l'impatto di differenti modalità di gestione forestale sulle caratteristiche chimiche e biologiche del suolo, con l'obiettivo di approfondire i processi ecologici che ne regolano la salute. Le attività, svolte tra il 2023 e il 2025, hanno riguardato analisi fisico-chimiche e biologiche di suoli provenienti da tre aree di boschi cedui di faggio sottoposte a diverse pratiche gestionali: (i) area con abbattimento annuale per la produzione di legname, (ii) area non gestita da 10 anni, e (iii) area non gestita da 50 anni. Il sito sperimentale è stato individuato presso la proprietà della Comunalità di Boschetto, situata nel versante settentrionale appenninico del crinale toscano-emiliano (comune di Albareto, Parma). Campionamenti rappresentativi di suolo forestale (44.484605943692785, 9.764368007946736) sono stati condotti lungo un transetto di 60m con prelievo di sei campioni ogni 10m, successivamente uniti in un campione composito per area (A–E). I campioni di suolo sono stati processati per la valutazione chimica, fisica e biologica del suolo. Si ipotizza che l'assenza di perturbazioni ricorrenti, come l'asportazione di biomassa legnosa, favorisca una maggiore stabilità delle caratteristiche edafiche, determinando un aumento delle riserve di nutrienti e della funzionalità microbica. I risultati attesi contribuiranno ad approfondire la comprensione delle relazioni tra pratiche di gestione e dinamiche del suolo nei sistemi forestali, offrendo utili indicazioni per l'adozione di strategie di gestione. Saranno presentati i risultati preliminari.



Keywords: Gestione forestale · Salute del suolo · Gestione del suolo · Sostenibilità

Assessing Land Degradation and Groundwater Vulnerability with the Landsupport DSS Tools: local applications within the SOILS4MED project

Piero Manna¹ · Angelo Basile¹ · Suha Berberoglu² · Mohamed Y. Hendawi³ · Giuliano Langella⁴
· Fabio Terribile⁴ · Claudio Zucca⁵ · Marialaura Bancheri¹

¹ National Research Council CNR – ISAFOM Institute for Agricultural and Forest Systems in the Mediterranean, Italy

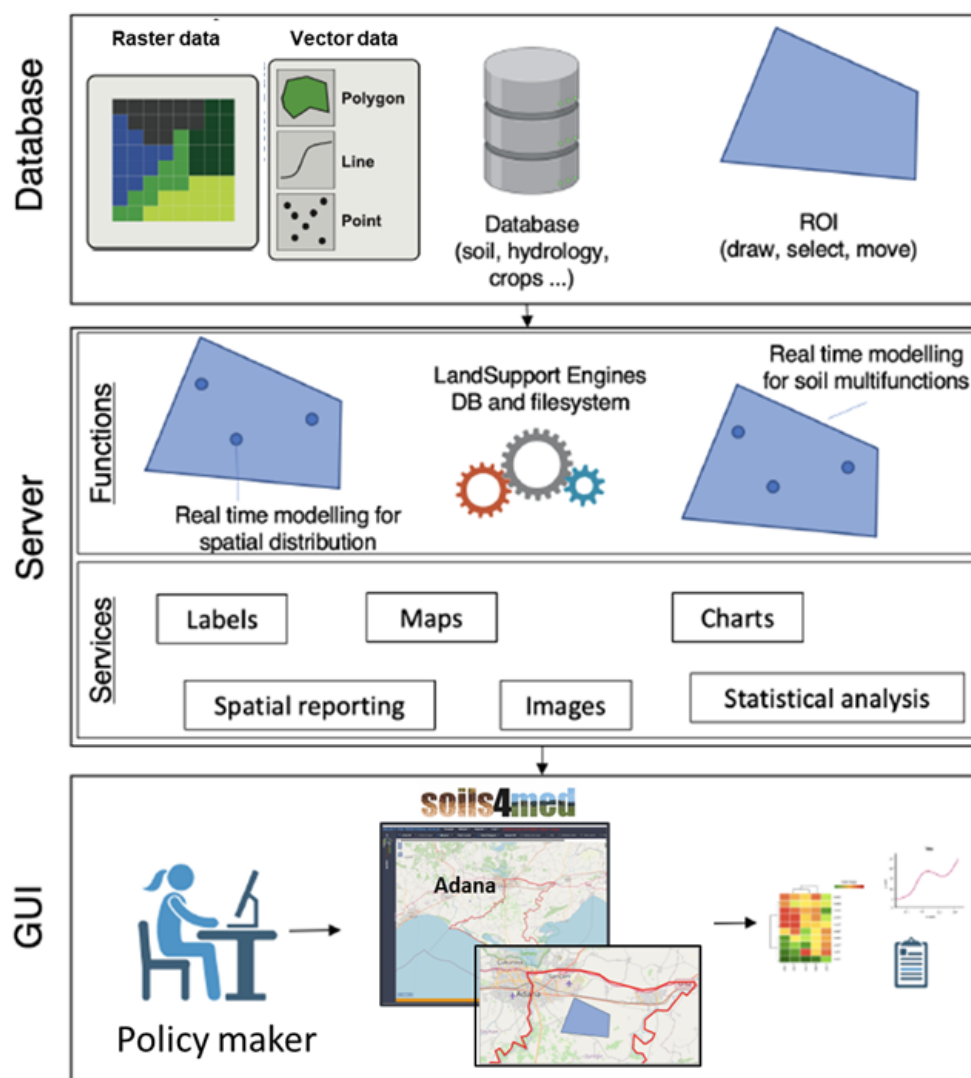
² Çukurova University Research Information System, Türkiye

³ Department of Plant Protection, Faculty of Agriculture, Zagazig University, Egypt

⁴ Department of Agriculture, University of Napoli Federico II, Italy

⁵ Department of Agricultural Sciences, University of Sassari, Italy

Land degradation is increasingly recognized as a critical environmental issue in Europe, threatening soil functions, ecosystem services, and agricultural productivity. The achievement of Land Degradation Neutrality (LDN) has therefore become a key objective on the European and global political agenda. However, the effective implementation of LDN-oriented policies remains challenging, mainly due to the lack of operational, reliable, and user-friendly tools to support decision-makers in identifying degradation processes, assessing their causes, and planning appropriate mitigation measures. Within this context, the Land Degradation Tool, developed within the Landsupport geospatial DSS and integrating high-resolution NDVI analysis over time, provides an innovative web-based solution for assessing and monitoring land degradation processes at multiple spatial scales. Among the multiple drivers of land degradation, diffuse agricultural pollution—particularly pesticide contamination of groundwater—represents a major concern addressed by several European Directives, including the Water Framework Directive and the Pesticide Directive. In line with this policy framework, the Pesticide Fate Tool, also integrated into the Landsupport DSS, evaluates groundwater vulnerability to reactive solutes such as pesticides by integrating environmental, climatic, and management data. This contribution illustrates its implementation across four contexts of the SOILS4MED PRIMA project (Jordan region, Adana in Turkey, Rmel in Tunisia, and AbdelRahman Farm in Egypt), demonstrating how spatially explicit, research-based tools can effectively support sustainable soil and water management and bridge the gap between European environmental policies and their practical application in the field.



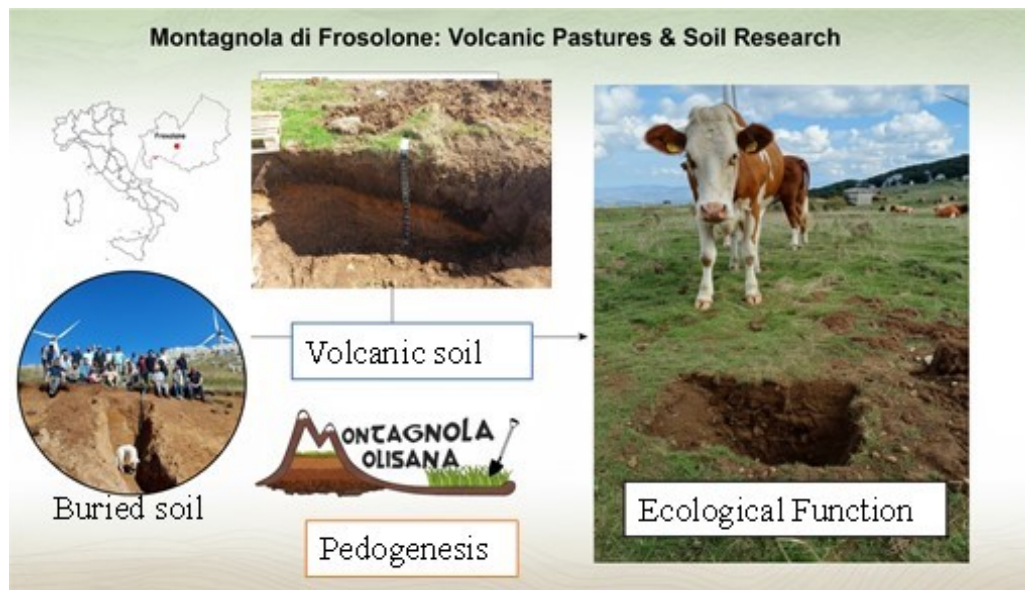
Keywords: Land degradation · Groundwater vulnerability · Decision support system

Pedogenesis of volcanic soils in pasture ecosystems of the Central Apennine Mountains, Molise Region, Italy

Alessio Manzo · Martina Cusano · Luana Circelli · Erika Di Iorio · Claudio Colombo

Department of Agriculture, Environmental and Food Sciences (DIAAA), University of Molise, 86100 Campobasso, Italy; a.manzo4@studenti.unimol.it

This study presents a pedological investigation of Montagnola di Frosolone pasture soils in the Apennine Mountains (Molise Region), focusing on the relationships among volcanic parent material, geomorphology, vegetation, climate, land use, and ecosystem services. Four representative soil profiles were sampled along an altitudinal catena (1290–1360 m a.s.l.) at Piano Santa Maria (SM), Colle Campo di Fave (CF), Il Pianone (AS1), and Balze dell'Acqua Spruzza (AS2). The SM profile is characterized by extremely dark surface horizons with high organic matter content (up to 77 g/kg TOC) and underlying pyroclastic horizons rich in clay and charcoal, linked to the Tufo Giallo Napoletano. The CF profile exhibits a thin organic A horizon over a stone line composed of siliceous gravel and breccia affected by cryoclastic weathering, followed by buried horizons differing in structure and clay content. The AS1 profile shows a shallow lithic contact and abundant glacial gravel from local denudation, whereas AS2 presents deep soils with lighter colors, high manganese and iron concretions, and a vertical sequence of buried BC horizons. Laminated pyroclastic layers at 100–200 cm in AS2 indicate water stagnation and lacustrine sedimentation, maintaining high clay even at depth. Chemical extractions show Fep/Feo ratios of 0.1–0.2 and Alp/Alo ratios of 0.4–0.5 in surface horizons, indicative of amorphous iron stabilized by moist, cold, and acidic conditions. Buried horizons at AS2 exhibit higher Fep/Feo and Alp/Alo ratios, pointing to active amorphous iron release and elevated allophane formation. SEM–EDS analysis confirms volcanic glass in sands and documents Fe/Mn dynamics, clay illuviation, and mineralogical variability. Overall, this study highlights the influence of volcanic lithology, geomorphology, and vegetation on soil formation and ecological function in the Apennine mountain environment, providing insights for the classification and interpretation of pedogenic processes in central Italy (Molise Region).



Keywords: Volcanic soils · Pedogenesis · Buried soil · Montagnola di Frosolone · Ecological function

Ricerca e strumenti digitali per la governance sostenibile del suolo in Sardegna: l'approccio del Progetto CUT2

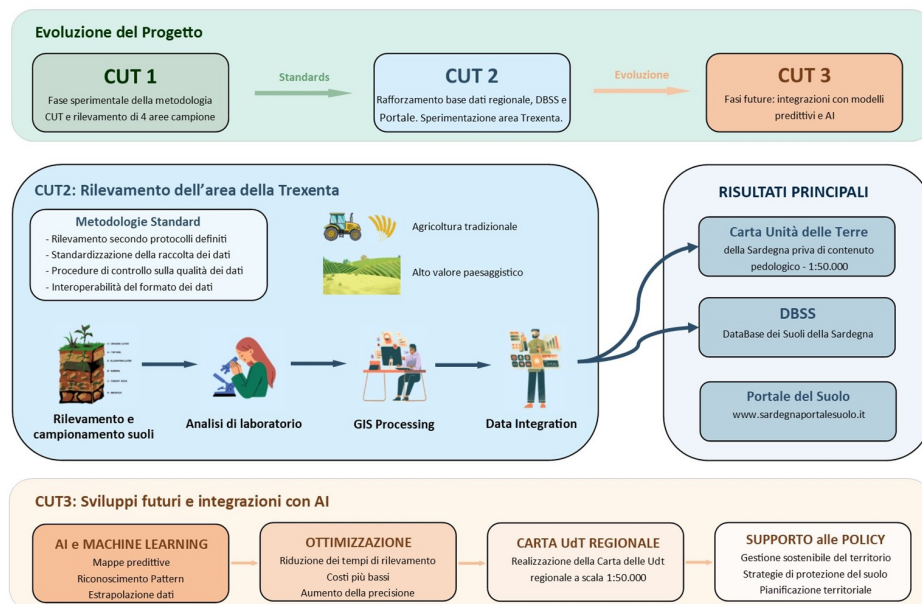
V.A. Marrone¹ · M. Cocco¹ · D. Manca¹ · M. Melis¹ · R. Puddu¹ · S. Fanni^{1,*}

¹ Settore Suolo, Territorio e Ambiente – Agenzia AGRIS Sardegna, Regione Autonoma della Sardegna

* Corresponding author: sfanni@agrisricerca.it

Il progetto CUT2 (Carta delle Unità delle Terre e Capacità d'Uso dei Suoli), promosso dalla Regione Sardegna e realizzato dall'Agenzia AGRIS Sardegna, rappresenta un passo fondamentale nella costruzione della cartografia pedologica regionale alla scala 1:50.000. In continuità con il progetto sperimentale CUT1, il CUT2 ha prodotto una Carta regionale delle Unità delle Terre come base informativa priva di interpretazioni pedologiche, destinata a supportare le amministrazioni locali nella redazione e aggiornamento dei Piani Urbanistici Comunali (PUC). Basandosi sugli standard sviluppati nel CUT1, il progetto ha esteso i rilievi su un'area campione nell'Unione dei Comuni della Trexenta (Sardegna meridionale), territorio di elevato valore paesaggistico e vocazione agricola storica. Tra i principali risultati figurano: la Carta preliminare delle Unità delle Terre alla scala 1:50.000, il potenziamento del Data Base dei Suoli della Sardegna (DBSS) e la reingegnerizzazione del Portale del Suolo (www.sardegnaportalesuolo.it), piattaforma GIS per gestione, analisi e diffusione dei dati pedologici. Il progetto CUT2 ha così creato le basi per un sistema informativo pedologico regionale omogeneo e interoperabile, a supporto di politiche di tutela e gestione sostenibile del suolo. Il successivo progetto CUT3, attualmente in fase di definizione, mira ad integrare modelli predittivi e tecniche di intelligenza artificiale per ottimizzare tempi e costi dei rilevamenti pedologici e migliorare la precisione delle informazioni a supporto della pianificazione territoriale.

Ricerca e strumenti digitali per la governance sostenibile del suolo in Sardegna: l'approccio del Progetto CUT2



Keywords: Suolo · Cartografia delle unità di terre · Database dei suoli · Intelligenza artificiale
· Pianificazione territoriale

Verso la costruzione di un database dei suoli della regione mediterranea: approcci e fasi iniziali

A. Masseroli¹ · M. E. D'amico¹ · R. Demontis² · L. Muscas² · E. Lorrai² · L. R. Roder³ · C. Zucca³

¹ Università degli Studi di Milano, DISAA, Milano, Italy

² CRS4, Digital Technologies for Aerospace, Cagliari, Italy

³ Università degli Studi di Sassari, Dept. of Agricultural Sciences and Sustainable Management of Soil and Landscape Centre, Sassari, Italy

L'importanza dei dati pedologici è cresciuta parallelamente all'aumento della necessità di una gestione sostenibile del territorio e al contrasto dei fenomeni di degrado del suolo. La crescente esigenza di dati pedologici standardizzati, facilmente accessibili e sufficientemente dettagliati, è determinata dalla necessità di supportare diverse applicazioni. I dati pedologici storici (legacy data) rappresentano una fonte relativamente poco sfruttata di informazioni sul suolo. Tali dati sono disponibili in formati che riflettono il contesto temporale e geografico della loro raccolta, e presentano spesso difformità negli standard relativi alla descrizione dei profili pedologici, ai metodi analitici di laboratorio, ai sistemi di classificazione, alle scale cartografiche, ai sistemi di georeferenziazione, ai formati di archiviazione. Di conseguenza, il potenziale di questi dati può essere valorizzato solo attraverso lo sviluppo e l'implementazione di processi adeguati di armonizzazione, che li rendano interoperabili con i sistemi attuali di descrizione, classificazione del suolo e gestione dei dati. Il progetto SOILS4MED, che vede il coinvolgimento di diversi paesi partner quali Italia, Libano, Spagna, Tunisia, Grecia, Egitto, Giordania, Turchia e Marocco, si propone di raccogliere, digitalizzare, armonizzare e rendere disponibili, nell'ambito di Sistemi Informativi sul Suolo (Soil Information Systems, SIS) di proprietà dei singoli paesi partner, i dati pedologici storici disponibili. Sono stati raccolti oltre 11.000 profili pedologici e 120 carte pedologiche, grazie anche al contributo di istituti di ricerca come IAO, CREA e IRD/ORSTOM. Si è provveduto a: (i) una revisione complessiva dei dati raccolti, (ii) un'analisi dei differenti modelli di dati, (iii) la digitalizzazione e armonizzazione secondo un modello di dati standard che recepisce le linee guida per il rilevamento e la classificazione del suolo della WRB (World Reference Base for Soil Resources, quarta edizione 2022). Nei casi in cui i metodi originali di rilevamento differissero dallo standard WRB 2022, sono state create delle tabelle di conversione per tradurre i dati nel sistema WRB aggiornato. I sistemi di classificazione dei dati raccolti, infatti, variano notevolmente, includendo il CPCS, il Référentiel Pédologique, diverse edizioni della Soil Taxonomy USDA, sistemi FAO e versioni precedenti della WRB.

RINGRAZIAMENTI

Il progetto SOILS4MED (SOIL health monitoring and information systems FOR sustainable soil management in the MEDiterranean region), fa parte del programma PRIMA (Partnership for Research and Innovation in the Mediterranean Area) sostenuto dall'Unione Europea.

Keywords: Legacy data · Soil information systems · Data harmonization · WRB

Indagine Forense Integrata e Multiscala sul Suolo: Applicazione a un Caso di Omicidio in Campania

Fabio Terribile^{1,2,*} · M. Iamarino² · Giuliano Langella^{1,2} · Giacomo Mele³ · L. Gargiulo³ · F. A. Mileti² · S. L. Dawson⁴ · S. Vingiani^{1,2}

¹ Dipartimento di Agraria, Università di Napoli Federico II, Portici, Italia

² CRISP Research Centre, Università di Napoli Federico II, Portici, Italia

³ Institute for Agricultural and Forest Systems in the Mediterranean, CNR, Portici, Italia

⁴ Centre for Forensic Soil Science, James Hutton Institute, Aberdeen, UK

* Corresponding author: fabio.terribile@unina.it

La pedologia forense è una disciplina scientifica consolidata che trova applicazione crescente nelle indagini penali e ambientali, offrendo un contributo significativo alla ricostruzione di eventi criminosi attraverso l'analisi del suolo. Il presente studio descrive un caso reale avvenuto in Campania, in cui l'analisi pedologica ha fornito elementi determinanti per orientare le indagini relative a un omicidio. È stato adottato un approccio integrato e multiscala per analizzare i residui di suolo rinvenuti sul corpo della vittima, con l'obiettivo di determinarne l'origine e contribuire alla localizzazione della scena primaria del crimine. La metodologia ha incluso microtomografia a raggi X (micro-CT) per l'analisi strutturale degli aggregati, spettrometria a fluorescenza X portatile (p-XRF) per la caratterizzazione geochemica, e analisi spaziale basata su GIS per la delimitazione dell'area investigativa. I risultati hanno evidenziato una netta incompatibilità tra il suolo (ricco in carbonato di calcio e povero in torio e uranio) presente sul corpo e gli Andosols del luogo del ritrovamento. L'analisi microtomografica degli aggregati di suolo prelevati da sotto alla cintura della vittima ha rivelato una forte compattazione e una porosità sub-orizzontale, suggerendo un trascinamento vigoroso del corpo in posizione prona. Inoltre, la presenza di residui vegetali, identificati come legno di nocciolo (*Corylus avellana*), risultava incompatibile con la faggeta circostante. L'integrazione dei dati ha permesso di restringere l'area investigativa a una zona di circa un chilometro quadrato caratterizzata da Calcisols, compatibili con il suolo rinvenuto sul corpo. Sebbene non sia stata ottenuta una corrispondenza statistica perfetta tra i campioni corporei e quelli di riferimento, le evidenze hanno fornito agli inquirenti informazioni cruciali per la ricostruzione del caso. Studi di questo tipo dimostrano il potenziale della pedologia forense non solo come strumento investigativo, ma anche come leva per l'evoluzione di protocolli operativi e quadri normativi, che promuovano l'istituzionalizzazione della pedologia nel contesto giudiziario e ambientale.

Keywords: Pedologia forense · Analisi pedologiche · Indagini criminali · Micro-CT · pXRF

Valutazione del rischio sanitario per l'esposizione al mercurio causata dall'assunzione di prodotti agricoli ottenuti da suoli contaminati

Stefano Tomat¹ · Elisa Pellegrini¹ · Mara Mauri² · Maria De Nobili¹ · Marco Contin^{1,*}

¹ Dipartimento di Scienze AgroAlimentari, Ambientali e Animali, Università di Udine

² Regione FVG, Servizio gestione rifiuti e siti inquinati, Trieste, Italy

* Corresponding author: marco.contin@uniud.it

I suoli contaminati possono rappresentare un pericolo per l'esposizione dell'uomo attraverso la dieta a causa dell'accumulo di elementi potenzialmente tossici nella parte edibile delle colture. L'obiettivo di questo lavoro è studiare l'accumulo di mercurio, totale (TotHg) e metilmercurio (MeHg), da parte di colture cresciute su suoli con concentrazioni di mercurio superiori ai limiti legislativi, al fine di stimare i rischi per la salute derivanti dal loro consumo. Lo studio è stato svolto in un'area agricola i cui suoli sono contaminati a causa di depositi alluvionali di residui minerali derivanti dall'attività della miniera di Idria (SLO). Il Hg totale nel suolo è compreso tra 10 e 51 mg kg⁻¹. La speciazione, effettuata mediante estrazioni sequenziali e termodesorbimento, ha evidenziato una prevalenza di mercurio cinabrico (HgS). Hg totale e MeHg sono stati determinati nei tessuti vegetali e in particolare nelle parti edibili di colture e ortaggi. La valutazione del rischio è stata effettuata in base al DM 46/2019. Le assunzioni sono state calcolate e confrontate con i valori di assunzione settimanale tollerabile (TWI). Nei vegetali il Hg si accumula prevalentemente nelle radici (350-5560 µg kg⁻¹) e viene traslocato in quantità limitate ai germogli (10-1830 µg kg⁻¹) e alle foglie (30-2430 µg kg⁻¹). Nelle parti commestibili (foglie, frutti o semi) le concentrazioni di TotHg variano da 3 a 310 µg kg⁻¹, mentre quelle di MeHg da 0,2 a 2,1 µg kg⁻¹, corrispondenti all'1-12% del TotHg. Le assunzioni potenziali, calcolate sulla base di una dieta media della popolazione adulta, raggiungono il 7 e 1,5% del TWI rispettivamente per TotHg e MeHg. Questi risultati indicano che, sebbene il contenuto di Hg nei suoli nell'area di studio superi abbondantemente i limiti di concentrazione soglia di contaminazione (CSC), l'assunzione di ortaggi e altri prodotti agricoli non rappresenta un rischio significativo per la salute della popolazione locale.

Keywords: Mercury · Risk assessment · Food safety · Soil contamination

Suoli, pedodiversità e servizi ecosistemici nell'Appennino Settentrionale: strumenti di machine learning per conoscere e gestire un territorio fragile

W. Trenti¹ · M. De Feudis¹ · L. Vittori Antisari¹ · J. Boettinger²

¹ Dipartimento di Scienze e Tecnologie Agro-Alimentari, Alma Mater Studiorum – Università di Bologna, Viale Fanin 40, 40127 Bologna, Italy

² Department of Plants, Soils, and Climate, Utah State University, 4820 Old Main Hill, Logan, UT 84321, USA

Il monitoraggio e la valutazione degli ecosistemi e delle loro interazioni sono fondamentali per una gestione efficace dei territori semi-naturali e rurali. Il suolo, componente chiave degli ecosistemi terrestri, è riconosciuto a livello globale per la sua complessità e diversità. Nonostante il suo ruolo nel sostenere la biodiversità e fornire servizi ecosistemici, il suolo riceve spesso scarsa attenzione negli studi ecologici e nelle politiche ambientali. La formazione del suolo è un processo complesso influenzato da fattori ambientali come clima, organismi, materiale parentale, morfologia e tempo, la cui interazione contribuisce alla diversità dei suoli su diverse scale. Gli strumenti GIS e di machine learning possono essere utilizzati per analizzare tali interazioni, produrre cartografie e generare nuove conoscenze utili per la ricerca e la gestione di territori complessi come quelli montani. Le terre montane coprono oltre un terzo della superficie italiana e forniscono numerosi servizi ecosistemici. Esse custodiscono non solo una grande varietà di habitat, ma anche la memoria storica e culturale del Paese. Tuttavia, il cambiamento climatico, le modifiche d'uso del suolo e l'instabilità idrogeologica rappresentano gravi minacce per questi ecosistemi e per le aree collinari e di pianura adiacenti. Nonostante ciò, i suoli montani italiani restano poco conosciuti e scarsamente considerati nelle politiche ambientali. Questo studio propone un metodo basato sull'algoritmo Random forest e l'eliminazione ricorsiva degli elementi per mappare la distribuzione dei tipi di suoli e le loro proprietà ed individuare le covariate più rappresentative di un territorio. Presenta inoltre i risultati sulla diversità dei suoli e su alcuni servizi ecosistemici nelle aree protette dell'Appennino settentrionale, con l'obiettivo di fornire indicazioni utili per la gestione di questi territori vulnerabili e facilitare la ricerca futura.

Keywords: Soil diversity · Ecosystem services · Machine learning · Random Forest · Mountain soils

Linking soil properties to modelled water regulation ecosystem services across contrasting pedoclimatic regions

Binyam Alemu Yosef¹ · Angelo Basile¹ · Antonio Coppola² · Fabrizio Ungaro³ · Claudio Zucca⁴ ·
Marialaura Bancheri¹

¹ Institute for Mediterranean Agricultural and Forestry Systems (ISAFOM-CNR), Portici (NA), Italy

² Department of Chemical and Geological Sciences, University of Cagliari, Italy

³ Institute of BioEconomy (IBE-CNR), Sesto Fiorentino (FI), Italy

⁴ Department of Agricultural Sciences and SMSL, University of Sassari, Italy

The assessment of key soil ecosystem services (SEs) forms the foundation for evaluating soil health, consistent with the EU definition of soil health. In this context, the study investigates the relationships among the most common indicators of the water regulation service—such as saturated hydraulic conductivity (Ks), available water content (AWC), bulk density (BD), saturated water content (θ_s), organic matter (OM), clay content, and soil depth—and functional outcomes including water infiltration (INF), runoff (RUN), groundwater recharge (GWR), and crop water stress index (CWSI). These relationships were analyzed using the process-based agro-hydrological model FLOWS applied to 315 soil profiles across three contrasting pedoclimatic regions: Marchfeld (Austria), Bologna (northern Italy), and Rmel (Tunisia). Pairwise correlation and multiple linear regression analyses were performed to assess the interactions between soil properties and ecosystem services. The results revealed significant regional differences. For instance, infiltration showed a strong positive correlation with bulk density in Marchfeld ($r = 0.74$) but a much lower correlation in Bologna ($r = 0.30$). Multiple regression analysis indicated that organic matter played an important role in influencing infiltration and runoff in Rmel, while its effect was negligible in the other two regions. These findings contribute to soil science research supporting policy implementation by providing evidence-based indicators that can inform sustainable land management and agricultural planning. Such locally adapted indicators are particularly relevant for the forthcoming EU Soil Monitoring Law and the definition of “soil districts”. Moreover, the application of process-based modelling enables the prediction of how soil ecosystem services may evolve under future climate conditions, thereby enhancing agroecosystem resilience and ensuring the long-term sustainability of natural resources.

Keywords: Soil indicators · Water regulation · Ecosystem services · Agricultural management · Policy implementation

Il sistema di monitoraggio del suolo SOILS4MED: un approccio volto a catturare la variabilità dei suoli e dei paesaggi della regione Mediterranea.

Claudio Zucca¹ · Ludmila Ribeiro Roder¹ · Riccardo Scalenghe² · Giacomo Belvisi² · Michele Eugenio D'Amico³ · Anna Masseroli³ · Laurent Caner⁴ · Nicolas Martin⁴ · Pandi Zdruli⁵ · Alessandra Pezzuto⁵ · Quang Bao Le⁶ · Rachid Moussadek⁶ · Antonio Delgado Garcia⁷ · Marta Alvarez Romero⁷ · Rafla Attia⁸ · Mounir Sellami⁸ · Roberto Demontis⁹ · Dimitris Triantakoustantis¹⁰ · Nikolaos Lolos¹⁰ · Sameh Shaddad¹¹ · Ihab Jomaa¹² · Jawad Al-Bakri¹³ · Mais Atiyat¹³ · Suha Berberoglu¹⁴ · Eran Akça¹⁵ · Fabio Terribile¹⁶ · Angelo Basile¹⁶ · Giuliano Langella¹⁶

¹ Università degli Studi di Sassari, Sassari, Italy; ² Università degli Studi di Palermo, Palermo, Italy; ³ Università degli Studi di Milano, Milano, Italy; ⁴ Université de Poitiers, Poitiers, France; ⁵ Mediterranean Agronomic Institute of Bari, Bari, Italy; ⁶ International Centre for Agricultural Research in the Dry Areas (ICARDA), Tunis, Tunisia; ⁷ Universidad de Sevilla, Sevilla, Spain; ⁸ Direction des Sols (DGAFTA), Tunis, Tunisia; ⁹ CRS4, Pula, Italy; ¹⁰ Hellenic Agricultural Organization (DIMITRA), Athens, Greece; ¹¹ Zagazig University, Zagazig, Egypt; ¹² Lebanese Agricultural Research Institute (LARI), Beirut, Lebanon; ¹³ University of Jordan, Amman, Jordan; ¹⁴ Çukurova Universitesi, Adana, Turkey; ¹⁵ University of Aiyaman, Turkey; ¹⁶ Università Federico II di Napoli, Napoli, Italy

Nella regione Mediterranea, vi è un'urgente necessità di migliorare la disponibilità e l'accessibilità dei dati e delle informazioni sul suolo e di armonizzare le metodologie per sviluppare sistemi di monitoraggio armonizzati. Il progetto SOILS4MED ha l'obiettivo di coinvolgere un'ampia piattaforma di ricercatori e stakeholder nella co-progettazione di sistemi integrati di monitoraggio della salute del suolo adattati alle specificità dei suoli e degli ambienti della regione del Mediterraneo. Il progetto affronta alcuni interrogativi scientifici fondamentali: quali indicatori utilizzare per misurare la salute del suolo nella regione Mediterranea? È necessario adattarli ai diversi tipi di suolo e alle condizioni ambientali locali? Per rispondere a tali quesiti, il progetto ha sviluppato un protocollo di monitoraggio basato sui più recenti progressi, in particolare sui protocolli adottati da LUCAS-Soil e SOILS4AFRICA. Inoltre, ha progettato un piano di campionamento che coinvolge 11 aree di studio distribuite in 9 paesi della regione (Italia, Libano, Spagna, Tunisia, Grecia, Egitto, Giordania, Turchia, Marocco), con lo scopo di valutare la risposta degli indicatori nelle diverse condizioni e identificare i valori soglia più efficaci per definire condizioni ottimali di salute del suolo. RINGRAZIAMENTI. Il progetto SOILS4MED (SOIL health monitoring and information systems FOR sustainable soil management in the MEDiterranean region) fa parte del programma PRIMA (Partnership for Research and Innovation in the Mediterranean Area) sostenuto dall'Unione Europea.

Keywords: Soil monitoring · Mediterranean region · Harmonized indicators · Sampling design

Authors Index

Abdelkefi, Fatma, [39](#)
Abdelwahab, O., [111](#)
Adamo, P., [43](#)
Adamo, Paola, [50](#)
Addesso, Rosangela, [24](#)
Agostini, A., [116](#)
Agrelli, D., [59](#)
Agrillo, Antonietta, [28](#)
Akca, Eran, [152](#)
Al-Bakri, Jawad, [152](#)
Albrizio, Rossella, [46](#), [125](#)
Alemu Yosef, Binyam, [46](#), [151](#)
Allevato, E., [78](#), [139](#)
Altieri, G., [111](#)
Altomare, C., [68](#)
Alvarez Romero, Marta, [152](#)
Amalfitano, C., [59](#)
Amato, Mariana, [24](#)
Ancona, V., [41](#)
Ancona, Valeria, [30](#)
Andreolli, Marco, [134](#)
Angelico, Ruggero, [54](#)
Arbi, Ghada, [50](#)
Aromolo, R., [118](#)
Atiyat, Mais, [152](#)
Attia, Rafla, [152](#)
Avesani, M., [116](#)

Baiano, S., [100](#)
Baiano, Salvatore, [44](#)
Baldantoni, D., [109](#)

Baldi, V., [109](#)
Baldi, Vincenzo, [76](#)
Bambina, Paola, [17](#), [95](#)
Bancheri, M., [137](#)
Bancheri, Marialaura, [46](#), [125](#), [141](#), [151](#)
Barbera, Giovanni, [48](#), [131](#)
Barbero, M., [27](#)
Barbetti, Roberto, [32](#), [127](#)
Barca, E., [111](#)
Bari, G., [111](#)
Basile, A., [41](#), [59](#), [137](#)
Basile, Angelo, [46](#), [125](#), [141](#), [151](#), [152](#)
Basile, Annamaria, [30](#)
Batsalia, M., [91](#)
Becagli, Claudia, [60](#)
Beccaccioli, Marzia, [74](#)
Bellino, A., [109](#)
Belvisi, Giacomo, [152](#)
Beni, C., [118](#)
Beone, G.M., [129](#)
Berberoglu, Suha, [141](#), [152](#)
Boarino, Alice, [48](#), [131](#)
Boettinger, J., [150](#)
Bol, R., [99](#)
Bonetti, A., [21](#)
Bonfante, Antonello, [46](#)
Borrelli, L., [122](#), [135](#)
Botta, Marco, [125](#)
Boughdiri, Mabrouk, [95](#)
Brahim, Nadhem, [84](#), [95](#)
Brunetti, G., [68](#), [104](#)

- Brunetti, Gennaro, [52](#), [63](#)
Buonanno, Maurizio, [46](#)
Busico, Gianluigi, [82](#)
Buzzini, Pietro, [67](#)
- Caggiano, Margherita, [132](#)
Campanale, Emanuela, [65](#)
Canarini, Andrea, [70](#)
Caner, Laurent, [91](#), [152](#)
Canfora, Loredana, [72](#), [74](#)
Cannavo, Patrice, [88](#)
Caporale, Antonio G., [50](#)
Capri, Caterina, [132](#), [134](#)
Carbone, Francesco A., [50](#)
Cardelli, V., [21](#)
Carlucci, Roberto, [30](#)
Carnimeo, C., [56](#)
Caruso, Andrea Giovanni, [93](#)
Casa, R., [35](#)
Caser, Matteo, [131](#)
Castaldi, Simona, [82](#)
Celi, Luisella, [48](#)
Ceravolo, E., [122](#), [135](#)
Cheng, Zhongqi, [54](#)
Chiodi, Claudia, [119](#)
Ciardo, G.P., [104](#)
Ciardo, Giuseppe Placido, [52](#), [63](#)
Ciavarella, Francesco, [44](#)
Ciavatta, C., [13](#)
Ciavatta, Claudio, [132](#)
Circelli, Luana, [54](#), [143](#)
Cocco, M., [145](#)
Cocco, S., [21](#)
Cocozza, C., [68](#), [104](#)
Cocozza, Claudio, [52](#), [63](#)
Cofone, G., [122](#), [135](#)
Colatorti, N., [56](#)
Colombo, Claudio, [15](#), [54](#), [143](#)
Coltelli, Maria Beatrice, [60](#)
Concheri, Giuseppe, [119](#)
Conforti, M., [122](#), [135](#)
Congedo, Luca, [28](#)
Contin, Marco, [149](#)
Coppola, Antonio, [46](#), [151](#)
Coppola, Elio, [82](#), [87](#), [88](#)
Corti, G., [118](#)
Corti, Giuseppe, [32](#)
Cozzolino, E., [100](#)
Cozzolino, V., [57](#), [58](#)
Cupi, Joana, [22](#)
Curci, M., [111](#)
Cusano, Martina, [54](#), [143](#)
- D'Acqui, L. P., [21](#)
D'Addabbo, T., [68](#)
D'Amato, Emanuela, [59](#)
D'amico, M.E., [147](#)
D'Amico, Michele Eugenio, [136](#), [152](#)
D'Avino, Lorenzo, [32](#), [60](#), [97](#)
Dani, M., [34](#)
Davino, Salvatore, [93](#)
Dawson, S. L., [148](#)
Dazzi, Carmelo, [84](#), [95](#)
De Biasi, I., [78](#), [139](#)
De Feo, G., [109](#)
De Feudis, M., [150](#)
De Feudis, Mauro, [61](#)
De Filippis, F., [43](#)
De Mascellis, R., [59](#), [137](#)
De Mascellis, Roberto, [46](#)
De Mastro, F., [68](#), [104](#), [111](#)
De Mastro, Francesco, [52](#), [63](#)
De Nicola, F., [76](#), [109](#)
De Nobili, Maria, [149](#)
De Sanctis, M., [109](#)
Del Duca, S., [114](#)
del Piano, L., [100](#)
Delgado Garcia, Antonio, [152](#)
Demontis, R., [147](#)
Demontis, Roberto, [136](#), [152](#)

- Denora, N., [114](#)
Denora, Nicola, [65](#), [89](#)
Di Iaconi, C., [109](#)
Di Iorio, Erika, [15](#), [54](#), [143](#)
Di Leginio, Marco, [28](#), [102](#)
Di Lonardo, D.P., [137](#)
Di Lonardo, S., [21](#)
Di Mario, Jessica, [67](#)
Di Natale, C., [68](#)
Di Vaio, C., [59](#)
Digregorio, F., [104](#)
Digregorio, Francesca, [52](#), [63](#)
Dinuccio, Elio, [48](#)
Drosos, M., [85](#)

Ehlinger, Alexine, [70](#)
Esposito, A., [76](#)
Esposito, Antonia, [72](#), [74](#)

Falsone, Gloria, [61](#)
Fanni, S., [145](#)
Fantappiè, Maria, [32](#), [127](#)
Ferraro, G., [137](#)
Figueiredo, D., [121](#)
Finoia, Mario, [32](#)
Fiume, A., [34](#)
Fontanella, M.C., [129](#)
Fornasier, F., [76](#)
Fragkoulis, G., [121](#)
Franchi, L., [78](#), [139](#)
Friuli, Martina, [48](#)
Furlan, Alice, [134](#)

Galluzzi, G., [116](#)
Galluzzi, Giorgio, [39](#), [80](#), [134](#)
Gambelli, Alberto Maria, [67](#)
Gambelli, Miguel Angel, [60](#)
Garcia-Gil, J.C., [56](#)
Gardin, Lorenzo, [127](#)
Gargiulo, L., [148](#)
Gattullo, C.E., [111](#)

Gavinelli, Federico, [119](#)
Geissen, V., [121](#)
Gelsomino, A., [114](#)
Gelsomino, Antonio, [19](#), [60](#)
Gentile, F., [111](#)
Gerin, D., [111](#)
Giacomello, G., [21](#)
Giagnoni, Lucia, [119](#)
Giannetta, Beatrice, [39](#), [80](#)
Gigliotti, G., [99](#)
Gigliotti, Giovanni, [67](#)
Gioacchini, Paolo, [22](#)
Giordani, C., [129](#)
Giordano, Maria, [119](#)
Giovagnoli, Greta, [67](#)
Gnudi, Marco, [119](#)
Gomez-Brandon, M., [76](#)
Goni-Urtiaga, A., [56](#)
Gonzalez-Polo, N., [56](#)
Grilli, Eleonora, [82](#), [87](#)
Guenon, Rene, [88](#)
Guerrini, Sara, [132](#)

Hassan, Shawkat B. M., [46](#)
Heiden, U., [35](#)
Hendawi, Mohamed, [141](#)
Hmidi, Oumayma, [84](#)
Hoque, M.M., [85](#)
Huss, A., [121](#)

Iamarino, M., [148](#)
Ianiri, M., [78](#), [139](#)
Ibrahim, Hatem, [95](#)
Ietto, F., [135](#)
Iorio, Antonio, [87](#)
Ishaq, Hafiz Khuzama, [82](#)
Izzo, F., [109](#)

Jomaa, Ihab, [152](#)
Khelifi, Faten, [131](#)

- L'Abate, Giovanni, [32](#), [127](#)
 Lachi, Andrea, [32](#), [127](#)
 Lamastra, L., [121](#), [124](#)
 Lamastra, Lucrezia, [134](#)
 Lamberti, Pierferdinando, [88](#)
 Lampis, Silvia, [134](#)
 Langella, A., [109](#)
 Langella, G., [137](#)
 Langella, Giuliano, [141](#), [148](#), [152](#)
 Larcher, Federica, [131](#)
 Laudicina, Vito Armando, [60](#), [93](#)
 Le, Quang Bao, [152](#)
 Leone, A., [41](#)
 Li, Shunlei, [119](#)
 Lo Papa, Giuseppe, [84](#), [95](#)
 Loffredo, E., [56](#), [114](#)
 Loffredo, Elisabetta, [65](#), [89](#)
 Lolos, Nikolaos, [91](#), [152](#)
 Lorenzetti, Romina, [127](#)
 Lorenzo, S., [78](#)
 Loria, Francesco, [93](#)
 Lorrai, E., [136](#), [147](#)
 Lozano Fondon, Carlos, [32](#), [127](#)
 Lucia, Caterina, [93](#)
 Lucini, L., [57](#)

 Madonia, Federico, [93](#)
 Malena, Paola, [22](#)
 Manachini, Barbara Rosy Ines, [93](#)
 Manca, D., [145](#)
 Manna, P., [137](#)
 Manna, Piero, [28](#), [102](#), [141](#)
 Manzo, Alessio, [143](#)
 Marabottini, R., [120](#)
 Marinari, S., [120](#)
 Marrone, V.A., [145](#)
 Martin, Maria, [48](#)
 Martin, Nicolas, [91](#), [152](#)
 Marzadori, Chiara, [22](#)
 Marzadori, Claudio, [132](#)

 Massarelli, C., [41](#)
 Masseroli, A., [147](#)
 Masseroli, Anna, [136](#), [152](#)
 Mastrocicco, Micol, [82](#)
 Maucieri, Carmelo, [119](#)
 Mauri, Mara, [149](#)
 Mazzon, Martina, [132](#)
 Mazzon, Michele, [22](#)
 Mbarki, Oussama, [95](#)
 Mele, Giacomo, [148](#)
 Melis, M., [145](#)
 Mercurio, M., [109](#)
 Mileti, F. A., [148](#)
 Mileti, F.A., [137](#)
 Minieri, L., [137](#)
 Mocali, S., [114](#)
 Mocali, Stefano, [32](#), [72](#), [74](#), [97](#)
 Montegiove, N., [99](#)
 Montegiove, Nicolò, [67](#)
 Montesano, F., [111](#)
 Moracci, M., [109](#)
 Moretti, Giorgio, [32](#)
 Morra, L., [100](#)
 Morra, Luigi, [44](#)
 Moussadek, Rachid, [152](#)
 Munafò, Michele, [28](#)
 Muscarella, Sofia Maria, [93](#)
 Muscas, L., [136](#), [147](#)
 Mzid, N., [137](#)
 Mzid, Nada, [102](#)

 Nada, Mzid, [28](#)
 Nannipieri, Paolo, [97](#)
 Napoletano, M., [109](#)
 Napoletano, Mattia, [76](#)
 Napoli, Rosario, [32](#), [127](#)
 Neri, U., [118](#)
 Netti, A.M., [111](#)
 Nigro, F., [111](#)
 Nigro, P., [104](#)

- Nigro, Pietro, [52](#), [63](#)
- Oppido, S., [109](#)
- Orlandini, Alessandro, [32](#)
- Oyebiyi, O., [85](#)
- Pace, L., [35](#)
- Pace, Leonardo, [107](#)
- Paciolla, F., [111](#)
- Padoan, Elio, [131](#)
- Paesano, Antonio, [22](#)
- Palermi, Andrea, [48](#)
- Paliaga, Sara, [60](#), [93](#)
- Palla, P., [136](#)
- Pampuro, N., [21](#)
- Pan, G., [85](#)
- Panno, Stefano, [93](#)
- Panuccio, Maria Rosaria, [19](#)
- Paolanti, Massimo, [127](#)
- Paolucci, Monica, [67](#)
- Pascuzzi, S., [111](#)
- Pastorelli, Roberta, [32](#), [97](#)
- Pellegrini, Elisa, [149](#)
- Pellegrini, Marika, [24](#)
- Pellegrini, Sergio, [32](#)
- Perego, Alessia, [125](#)
- Perreca, C., [137](#)
- Perri, F., [122](#), [135](#)
- Perri, Giuseppe, [52](#)
- Petrovicova, B., [114](#)
- Petrovicova, Beatrix, [19](#)
- Pezzolla, D., [99](#)
- Pezzolla, Daniela, [67](#)
- Pezzuto, Alessandra, [152](#)
- Picariello, E., [76](#), [100](#), [109](#)
- Picariello, Enrica, [24](#)
- Piccini, Chiara, [32](#)
- Piccolo, A., [57](#)
- Pisano, L., [137](#)
- Pittarello, Marco, [60](#)
- Plaza, C., [56](#)
- Plaza, Cesar, [39](#)
- Pollastro, S., [111](#)
- Pontonio, Erica, [52](#)
- Porfido, C., [68](#), [111](#)
- Priori, S., [35](#)
- Priori, Simone, [107](#)
- Puddu, R., [145](#)
- Ragazzi, Francesca, [119](#)
- Rao, Maria Antonietta, [97](#)
- Ribeiro Roder, Ludmila, [91](#), [152](#)
- Ricci, G.F., [111](#)
- Richter, Andreas, [70](#)
- Riitano, Nicola, [28](#)
- Rinaldi, Michele, [44](#)
- Rocchi, Filippo, [32](#)
- Roder, L.R., [147](#)
- Rodinò, M.T., [114](#)
- Rodino, Maria Teresa, [19](#)
- Romano, C., [109](#)
- Rosati, Leonardo, [24](#)
- Ruggiero, L., [59](#)
- Ruocco, P., [59](#), [122](#), [135](#)
- Rutigliano, A., [41](#)
- Rutigliano, Aurora, [30](#)
- Rutigliano, Flora Angela, [82](#)
- Saccomanno, Marta, [132](#)
- Said Pullicino, Daniel, [48](#)
- Said-Pullicino, Daniel, [70](#)
- Salice, Patrizio, [132](#)
- Salvucci, A., [21](#)
- Sannino, Ciro, [67](#)
- Savino, I., [41](#)
- Savino, Ilaria, [30](#)
- Savy, D., [57](#)
- Scala, Valeria, [72](#), [74](#)
- Scalenghe, Riccardo, [152](#)
- Scarciglia, F., [122](#), [135](#)
- Scarpino, G., [114](#)
- Scheepers, P.T.J., [121](#)

- Schiavon, Michela, [48](#)
Scopa, A., [85](#)
Sellami, Mounir, [152](#)
Senizza, B. M., [57](#)
Sgroi, M., [21](#)
Shaddad, Sameh, [152](#)
Sidari, R., [114](#)
Sidari, Rossana, [19](#)
Sinatra, M., [116](#)
Socciarelli, S., [118](#)
Sofia, G., [34](#)
Sofo, Adriano, [24](#)
Sorrentino, M.C., [100](#)
Sorrentino, Maria Cristina, [44](#)
Spaccini, R., [58](#)
Spagnuolo, M., [68](#), [111](#)
Squartini, Andrea, [119](#)
Srarfi, Feyda, [84](#)
Stazi, S.R., [78](#), [139](#)
Stellacci, A.M., [111](#)
Stevanato, Piergiorgio, [119](#)
Stotani, F., [120](#)
Strumia, Sandro, [82](#)
Suciu, N., [121](#)
Suciu, Nicoleta, [50](#)

Tarasco, E., [111](#)
Terribile, F., [122](#), [135](#), [137](#)
Terribile, Fabio, [28](#), [102](#), [125](#), [141](#), [148](#), [152](#)
Terzano, R., [111](#)
Thammavongsa, S., [85](#)
Tomat, Stefano, [149](#)
Tondini, Elena, [32](#)
Trasacco, F., [109](#)
Trenti, W., [150](#)

Trenti, William, [61](#)
Trevisan, M., [121](#), [124](#)
Triantakostas, Dimitris, [91](#), [152](#)
Troccoli, Antonio, [44](#)
Turchetti, Benedetta, [67](#)
Tursi, Angelo, [30](#)

Ungaro, Fabrizio, [151](#)
Uricchio, V. F., [41](#)
Uricchio, Vito Felice, [30](#)

Valboa, Giuseppe, [32](#)
Vassilev, Nikolay, [72](#)
Vernile, P., [68](#)
Veronico, P., [68](#)
Verrillo, M., [57](#)
Vignozzi, Nadia, [32](#)
Vinci, G., [58](#)
Vingiani, S., [59](#), [122](#), [135](#), [137](#), [148](#)
Vitagliano, V., [109](#)
Vitaglione, P., [43](#)
Vitali, Francesco, [74](#)
Vittori Antisari, L., [150](#)
Vittori Antisari, Livia, [61](#)
Voccia, D., [124](#)
Vona, Danilo, [89](#)

Zaccone, C., [34](#), [116](#)
Zaccone, Claudio, [39](#), [80](#), [134](#)
Zanini, M., [35](#)
Zapparoli, G., [116](#)
Zdruli, Pandi, [152](#)
Zonno, M.C., [68](#)
Zucca, C., [147](#)
Zucca, Claudio, [91](#), [136](#), [141](#), [151](#), [152](#)

Keywords Index

Adsorption processes, [115](#)
adsorption/desorption, [90](#)
Agricultural management, [151](#)
Agricultural plastics, [133](#)
Agrifood products, [43](#)
Agro-industrial waste, [73](#)
Agroecologia, [58](#)
Analisi pedologiche, [148](#)
Appennino, [62](#)
AQP package, [128](#)
Aree degradate, [31](#)
ARMOSA model, [126](#)
Authenticity, [43](#)

Barbabetola, [40](#)
Bio-derived fertilizers, [49](#)
Biochar, [23](#), [86](#)
Biodegradation Kinetic, [99](#)
Biodiversità, [58](#), [117](#)
Biofortification, [115](#)
Bioinoculant, [73](#)
Biological activity, [25](#)
Biological methods, [98](#)
biological treatment of biomass, [90](#)
Biomass reduction, [115](#)
Biomassa microbica, [79](#)
Biopolymer, [99](#)
biopolymers, [60](#)
Biorimedio fito-assistito, [31](#)
Biostimulants, [75](#)
Buffalo livestock waste, [88](#)

Buried soil, [144](#)

Caffè esausto, [69](#)
Cambiamento climatico, [40](#)
Canapulo, [69](#)
Carbon sequestration, [134](#)
Carbon stabilization, [120](#)
Carbone vegetale, [62](#)
Cartografia delle unità di terre, [146](#)
Chemometric models, [16](#)
Chestnut forests, [120](#)
Chinese cabbage, [86](#)
Chott el Djerid, [96](#)
Ciberinfrastrutture geospaziali, [37](#)
Circular economy, [131](#), [133](#)
Climate change, [47](#)
Clustering, [128](#)
CO2 Emissions, [99](#)
Compost, [110](#)
Conservation Agriculture, [45](#)
Construction and demolition waste, [131](#)
contaminanti emergenti, [53](#), [64](#)
Contamination, [51](#)
Corn, [86](#)
Crop quality, [20](#)

Data harmonization, [136](#), [147](#)
Database dei suoli, [146](#)
De-sealing, [21](#)
Decision support system, [142](#)
Digestate, [67](#)
Digital tools, [58](#)

- Discontinuità del suolo, [123](#)
- Ecological function, [144](#)
- Ecosystem services, [150](#), [151](#)
- Ecoturismo, [37](#)
- electron acceptors, [71](#)
- electron donors, [71](#)
- Elemental fingerprinting, [59](#)
- Environmental decision-making, [14](#)
- Environmental exposure, [121](#)
- Environmental indicators, [124](#)
- Enzymatic activities, [77](#)
- Faggete, [62](#)
- Federated architecture, [136](#)
- Fermentation, [73](#)
- FFC-NMR, [18](#)
- Filiere verdi, [31](#)
- fitodepurazione, [64](#)
- Food safety, [149](#)
- Food traceability, [106](#)
- Frane superficiali, [123](#)
- Functional indicators, [18](#)
- GeoNode, [136](#)
- Gestione del suolo, [140](#)
- Gestione forestale, [140](#)
- Global health, [121](#)
- Global warming, [134](#)
- Glomus intraradices, [105](#)
- Groundwater vulnerability, [142](#)
- Harmonized indicators, [152](#)
- Harmonized soil survey, [33](#)
- Horticultural substrate, [88](#)
- Humic acid, [87](#)
- Indagini criminali, [148](#)
- Indicators, [51](#)
- Indici pedogenetici, [123](#)
- industrial pollutants, [90](#)
- INSPIRE Directive, [33](#)
- Intelligenza artificiale, [146](#)
- interazioni suolo-contaminante, [53](#)
- IR spectroscopy, [96](#)
- Irrigation systems, [124](#)
- Isotopic fingerprinting, [106](#)
- Just Transition Fund, [31](#)
- Knowledge Gaps, [27](#)
- Land degradation, [29](#), [142](#)
- Land use, [77](#)
- LCA, [134](#)
- Legacy data, [147](#)
- Livestock wastewater, [87](#)
- Living lab, [130](#)
- Machine learning, [150](#)
- Mediterranean agroecosystems, [25](#)
- Mediterranean region, [152](#)
- Mercury, [149](#)
- Metaboliti, [118](#)
- Metabolomica, [57](#)
- Metalli pesanti, [42](#), [57](#), [118](#)
- Micro-CT, [148](#)
- microarthropods, [60](#)
- Microbial biodiversity, [110](#)
- Microbial community, [67](#)
- Microbial consortium, [115](#)
- Microbial CUE, [71](#)
- Microbial functions, [119](#)
- Microbial strategies, [77](#)
- Microplastic contamination, [55](#)
- Mineral-associated organic carbon, [45](#)
- Minimum Tillage, [45](#)
- Misure spettrometriche del suolo, [42](#)
- Monitoring framework, [138](#)
- monoammonium phosphate, [60](#)
- Montagnola di Frosolone, [144](#)
- Mountain soils, [150](#)
- Mulching films, [20](#)
- mulching films, [60](#)

- Multi-analytical data, [135](#)
Multitemporal images, [36](#)
Multivariate analysis, [55](#)
Multivariate statistics, [111](#)
- Natura 2000, [117](#)
NDVI, [29](#)
Nematode fitoparassita, [69](#)
NIR Spectroscopy, [108](#)
NIR spectroscopy, [55](#)
Nutrient dynamics, [59](#)
Nutrient losses, [49](#)
Nutrient release, [23](#)
Nutritional quality, [43](#)
- Omics, [98](#)
Organic farming, [119](#)
Organic fertilization, [101](#)
Organic pollutant, [56](#)
Organic soil improver, [87](#)
Oxylipins, [75](#)
Ozonated water, [94](#)
- PAHs, [21](#)
Particulate Organic Matter, [45](#)
PDO products, [106](#)
Peat, [88](#)
Pedogenesis, [18](#), [144](#)
pedogenesis, [96](#)
Pedologia forense, [148](#)
Pedometria, [128](#)
Peperone, [118](#)
Pesticide dynamics, [56](#)
Pesticide risk, [124](#)
Pesticide risk assessment, [121](#)
PGI lemon, [59](#)
PhACs, [105](#)
Physicochemical properties, [25](#)
Pianificazione territoriale, [37](#), [123](#), [146](#)
Policlorobifenili, [42](#)
Policy Implementation, [27](#)
Policy implementation, [151](#)
policy implementation, [84](#)
Pollution, [105](#)
polyethylene, [60](#)
Polysaccharide-based materials, [20](#)
PPP fate modelling, [121](#)
Precision Agriculture, [33](#)
Precision agriculture, [36](#)
Prediction models, [16](#)
Predictive Models, [108](#)
Process-based modelling, [47](#), [126](#)
Productivity trajectories, [29](#)
Profili di suolo, [62](#)
pXRF, [148](#)
Pyrolysis–GC/MS, [120](#)
- QBS-ar, [60](#)
QBS-ar_BF, [60](#)
Qualità, [118](#)
qualità del suolo, [53](#), [64](#)
- Random Forest, [150](#)
redox changes, [71](#)
Remote sensing, [29](#)
Rice, [86](#)
Rice cultivation, [124](#)
Rigenerazione del suolo, [130](#)
Rischio idrogeologico, [123](#)
Risk assessment, [149](#)
Roller crimper, [101](#)
- Salinity stress, [75](#)
salt-affected soils, [96](#)
Salute del suolo, [130](#), [140](#)
Sampling design, [152](#)
Science–policy interface, [14](#)
Sentinel-2, [36](#)
Sequestro del carbonio, [40](#), [117](#)
Servizi ecosistemici, [79](#)
Shallow landslides, [135](#)
Soia, [40](#)

Soil amendment, [56](#), [67](#)
 Soil biodiversity, [98](#)
 Soil contamination, [21](#), [149](#)
 soil degradation, [84](#)
 Soil diversity, [150](#)
 Soil ecosystem services, [47](#), [126](#)
 Soil enzyme activities, [101](#)
 Soil features, [135](#)
 Soil fertility, [20](#), [23](#)
 Soil governance, [14](#)
 Soil Health, [57](#), [58](#)
 Soil health, [18](#), [25](#), [51](#), [126](#), [133](#), [138](#)
 Soil health index, [111](#)
 Soil indicators, [151](#)
 Soil information system, [33](#), [136](#)
 Soil information systems, [147](#)
 Soil management, [134](#)
 Soil microbiology, [94](#)
 Soil microbiome, [75](#)
 Soil Monitoring, [27](#)
 Soil monitoring, [14](#), [18](#), [33](#), [36](#), [98](#), [108](#), [152](#)
 Soil nutrients, [77](#)
 Soil Organic Carbon, [45](#), [108](#)
 Soil organic carbon, [36](#)
 Soil Organic Carbon balance, [101](#)
 Soil organic matter, [120](#)
 soil policies, [96](#)
 Soil pollution, [16](#)
 Soil profile database, [128](#)
 Soil properties, [49](#), [119](#)
 Soil quality, [111](#)
 soil quality, [60](#)
 Soil Quality Index (SQI), [84](#)
 Soil Resilience, [27](#)
 Soil respiration, [94](#)
 Soil restoration, [110](#)
 Soil–plant relations, [59](#)
 Soil-biodegradable materials, [133](#)
 Sostenibilità, [140](#)
 Statistica multivariata, [42](#)
 Struvite, [23](#), [49](#)
 Suoli vulcanici, [79](#)
 Suolo, [146](#)
 Suolo forestale, [79](#)
 Sustainable agriculture, [133](#)
 sustainable agriculture, [84](#)
 Sustainable management, [25](#)
 Table grapes, [111](#)
 Technosols, [131](#)
 Temperature effects, [67](#)
 Tobacco yield, [101](#)
 ToBRFV, [94](#)
 Total Nitrogen, [108](#)
 Tracciabilità, [118](#)
 Traceability, [43](#)
 Trichoderma, [73](#)
 Trichoderma spp., [69](#), [105](#)
 Turismo rurale, [37](#)
 Urban agriculture, [51](#)
 Urban soil rehabilitation, [131](#)
 Urban soil sealing, [21](#)
 Urban soils, [138](#)
 Urban sustainability, [21](#)
 Vineyard, [134](#)
 Vineyard agroecosystem, [47](#)
 Vis-NIR spectroscopy, [16](#)
 Volcanic soils, [144](#)
 Water Holding Capacity, [99](#)
 Water regulation, [151](#)
 Water reuse, [105](#)
 WEB GIS, [37](#)
 Wheat, [86](#)
 WRB, [147](#)
 WRB 2022, [136](#)
 xenoestrogens, [90](#)
 Zea mays, [57](#)
 Zeolite-rich tuffs, [88](#)
 Zeolites, [110](#)
 Zone umide, [117](#)

Patrocinio



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI NAPOLI
FEDERICO II



**Consiglio Nazionale
delle Ricerche**



Università
degli Studi
della Campania
Luigi Vanvitelli



ACCADEMIA DEI GEORGOFILI

Sponsor

