Accademia Nazionale di Agricoltura

QUALITÀ DEI PRODOTTI ALIMENTARI

Dal suolo alla sicurezza in tavola

Regione Emilia-Romagna
Assessorato Agricoltura e Agroalimentare, Caccia e Pesca

14 ottobre 2026 - Palazzo Lombardia, Sala Belvedere "Silvio Berlusconi" 39° piano – MI

Qualità del Sistema Suolo-Pianta: Presidio per la Sicurezza Alimentare

Claudio Ciavatta, Prof. Ordinario di Chimica Agraria

Già Dipartimento di Scienze e Tecnologie Agro-Alimentari, *Alma Mater Studiorum* UniBO
Già Docente di "**Biochimica Agraria e Fertilità del Suolo**" & "**Gestione della Fertilità del Suolo**"
Accademico Ordinario dell'Accademia Nazionale di Agricoltura
Accademico dell'Accademia delle Scienze dell'Istituto di Bologna-Scienze Biologiche, Animali e Vegetali

claudio.ciavatta@unibo.it – **claudio.ciavatta@gmail.com**

Il suolo / I suoli

Il suolo

Il **suolo** è un **sistema complesso**,
costituito da **tre fasi: solida**, **liquida** e **gassosa**
che dall'**interazione** creano l'**ambiente** di **crescita dei vegetali**,
l'*habitat* per **microrganismi, microfauna e mesofauna.**

Svolge numerose **funzioni ecosistemiche**
che vanno dalla **filtrazione** delle **acque**, all'immagazzinamento del **carbonio organico**, al mantenimento della **fertilità** e della **biodiversità**.

Profili di suoli

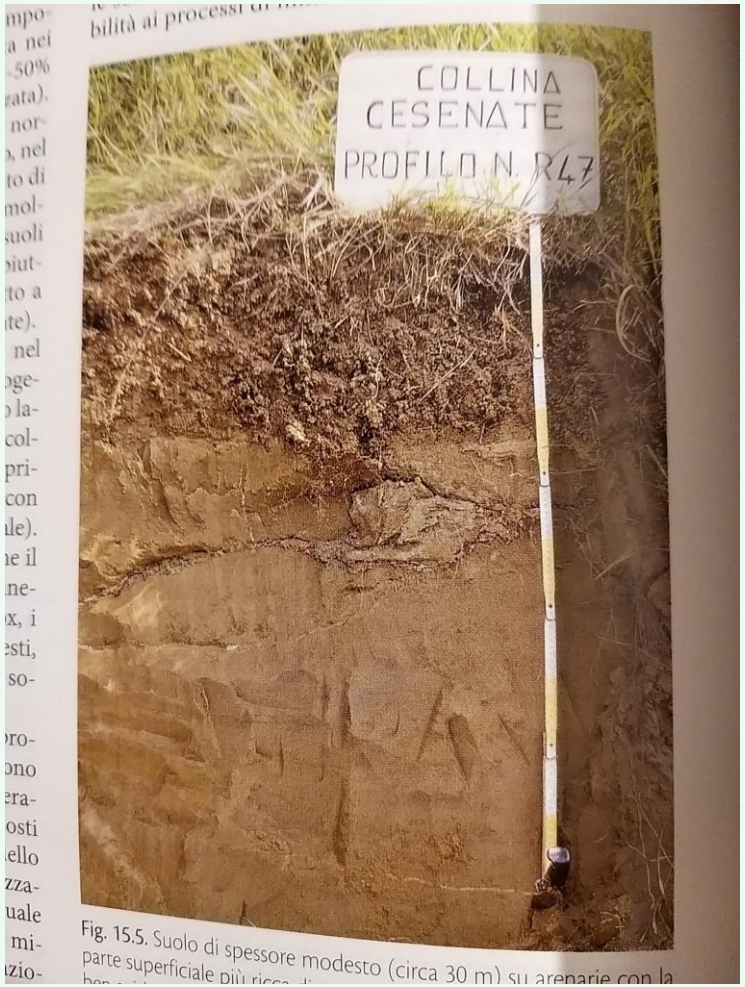


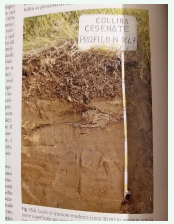
Fig. 15.5. Suolo di spessore modesto (circa 30 m) su arenarie con la parte superficiale più ricca

Suolo

Il **suolo** è un vero e proprio **sistema vivente**, un **ecosistema**, dove i microrganismi quali **batteri e funghi**, in particolare, prevalgono.

Il **suolo** deve garantire la presenza di **ossigeno molecolare** (O_2) per permettere la **respirazione** dei microrganismi e delle radici.

L'O_2 è quindi un fattore indispensabile al corretto funzionamento del suolo.

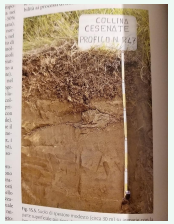


Suolo

L'**energia metabolica** necessaria alla vita nei suoli è garantita dalla presenza di **carbonio organico** (C_{org}) che costituisce l'»alimento», ad esempio, dei batteri eterotrofi.

Al di sotto dell'**1% in peso di C_{org}**, si inizia a parlare di **processo di desertificazione** del suolo.

Garantire questa soglia minima di C_{org} è un dovere di qualsiasi **agricoltore** per avere non solo un suolo fertile, ma anche per **assicurarne la funzionalità** e le **funzioni ecosistemiche** (contrastare l'erosione, mantenere la biodiversità, ecc.).



Definizione di Fertilità del Suolo

Fertilità del Suolo

… **La mirabile capacità che ha il suolo a produrre**

*Cosimo Ridolfi, Firenze, 1843**

*Il **marchese Cosimo Pietro Gaetano Gregorio Melchiorre Ridolfi** (Firenze, 28 ovembre 1794 – Firenze, 5 marzo 1865) è stato un agronomo e politico italiano. Fondatore dell'Accademia dei Georgofili.

The status of **soil with respect to its ability to supply the nutrients to plant growth**

Soil Science Society of America, 1994

Fertilità del Suolo

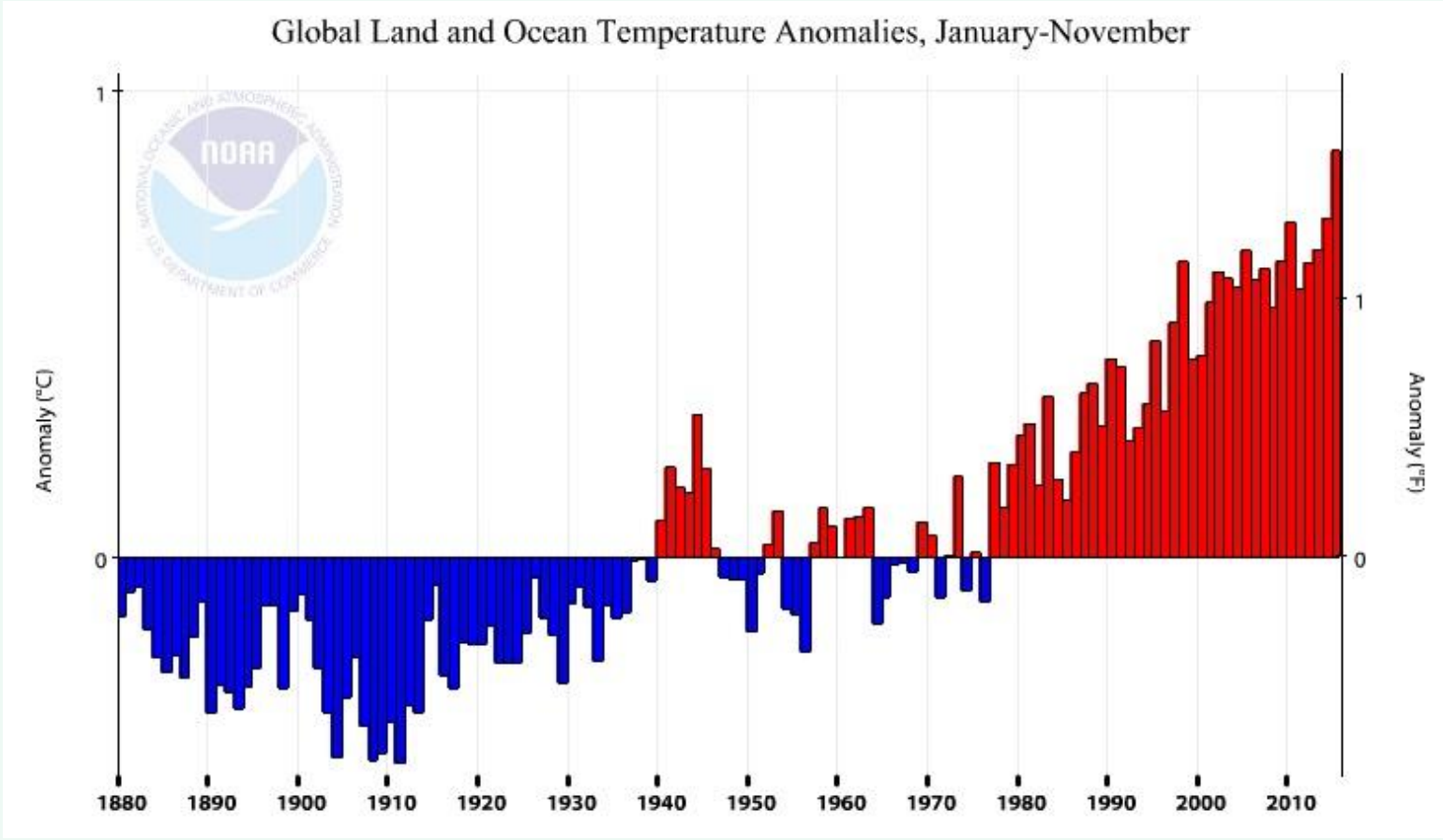
The ability of **soil to sustain agricultural plant growth** providing a habitat with nutrients and favorable chemical, physical and biological characteristics *(Tudi et al., 2022)*, **without toxic substances** that inhibit plant development *(Tang et al., 2021)*

…..minacce alla Fertilità dei Suoli

Clima

Andamento delle misure delle anomalie termiche annuali su scala globale: **dal 1880 al 2015** (a Sx la scala in gradi centigradi (°C) e a Dx in gradi Fahrenheit (°F)

Rispetto alla temperatura **media** del periodo di riferimento (**1961-1990**), corrispondente al valore zero, tra il 1880 e il 1940 si sono sempre registrati valori medi più bassi (in blu) con i valori più bassi intorno al 1910.



Fertilità dei suoli……

- Ciascun **suolo** possiede un **potenziale naturale di fertilità**
- **Potenziale** che deve essere **misurato** (analisi di laboratorio) e **correlato** alle necessità fisiologico-produttive della **pianta**
- In caso di **carenza** di uno o più **nutrienti**, occorre **intervenire dall'esterno** con la **fertilizzazione**

Gli Elementi Nutritivi

Accademia Nazionale di Agricoltura

QUALITÀ DEI PRODOTTI ALIMENTARI

Dal suolo alla sicurezza in tavola

14 ottobre 2026 - Aula«20 maggio 2012» Regione Emilia-Romagna, Bologna

Regione Emilia-Romagna
Assessorato Agricoltura e Agroalimentare, Caccia e Pesca

Essential and Beneficial Elements in Higher Plants

Essential Mineral Element

Essential Non-mineral Element

Beneficial Mineral Element

H																	He
Li	Be											B	C	N	O	F	Ne
Na	Mg											Al	Si	P	S	Cl	Ar
K	Ca	Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	Ge	As	Se	Br	Kr
Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Mo	Tc	Ru	Rh	Pd	Ag	Cd	In	Sn	Sb	Te	I	Xe
Cs	Ba	La	Hf	Ta	W	Re	Os	Ir	Pt	Au	Hg	Tl	Pb	Bi	Po	At	Rn
Fr	Ra	Ac	Rf	Db	Sg	Bh	Hs	Mt	Ds	Rg	Cn	Nh	Fl	Mc	Lv	Ts	Og

Ce	Pr	Nd	Pm	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu
Th	Pa	U	Np	Pu	Am	Cm	Bk	Cf	Es	Fm	Md	No	Lr

Elementi nel SUOLO

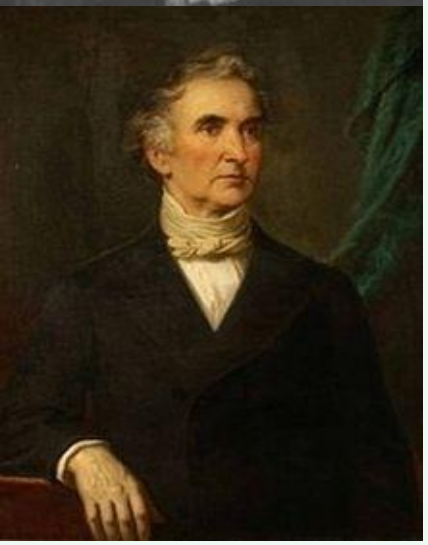
A) frazione TOTALE

B) frazione bioaccessibile all'assorbimento radicale

- è utile SOLO la frazione dell'elemento BIOACCESSIBILE non la totale

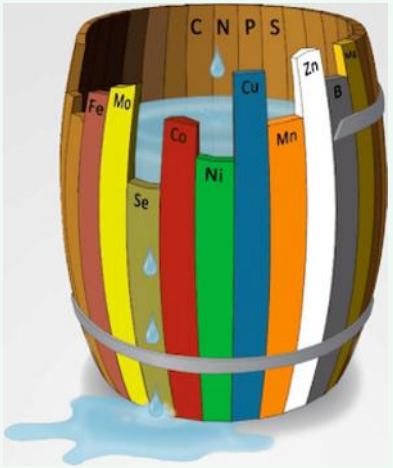
NH_4^+, NO_3^-, $H_2PO_4^-$, HPO_4^{2-}, K^+, Ca^{2+}, Mg^{2+}, Na^+, SO_4^{2-}, $H_2BO_3^-$, Co^{2+}, Fe^{2+}, Fe^{3+}, Mn^{2+}, MoO_4^{2-}, Cu^{2+}, Zn^{2+}

Liebig (1803-1873): la Legge del minimo



La Legge di **Liebig** o Legge del minimo è un principio di agronomia sviluppato da Carl Sprengel nel 1828 e reso popolare in seguito da **Justus von Liebig**.

La Legge del minimo fa riferimento alla **frazione bioaccessibile / assimilabile** dell'elemento presente nel suolo in quantità inferiore.



Sostanza Organica e Fertilità dei Suoli

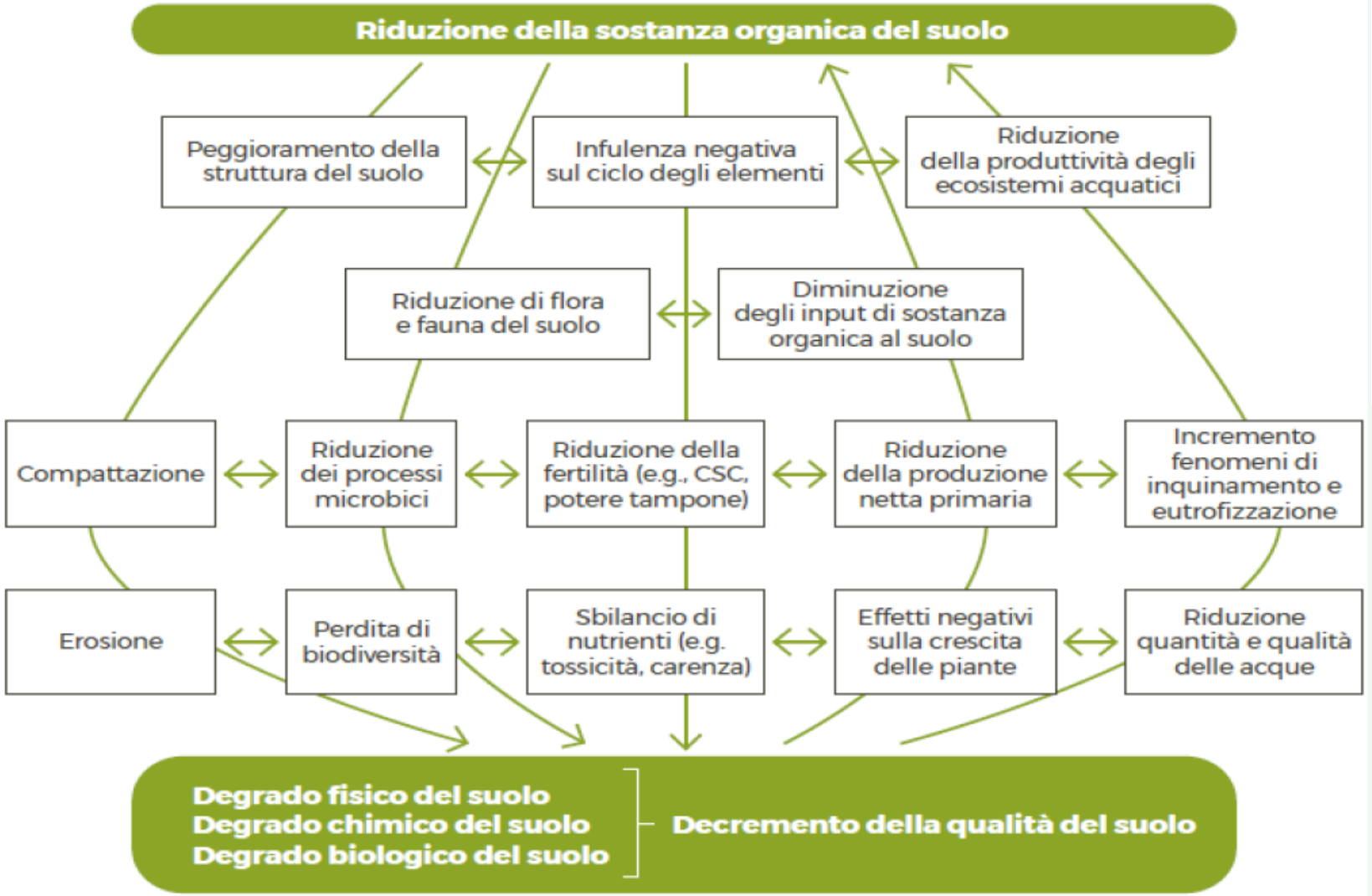
La sostanza organica:

chiave della fertilità, funzionalità e salute dei suoli

- Aumenta la dotazione di enzimi, quindi la funzionalità
- Aumenta la biodisponibilità del fosfato e dei nutrienti metallici
- Contrasta l'erosione dei suoli
- Aumenta lo stock di carbonio organico dei suoli

Ruolo della **sostanza organica** del suolo.

Sostanza organica del suolo, **regista** della sua **fertilità** e **funzionalità**



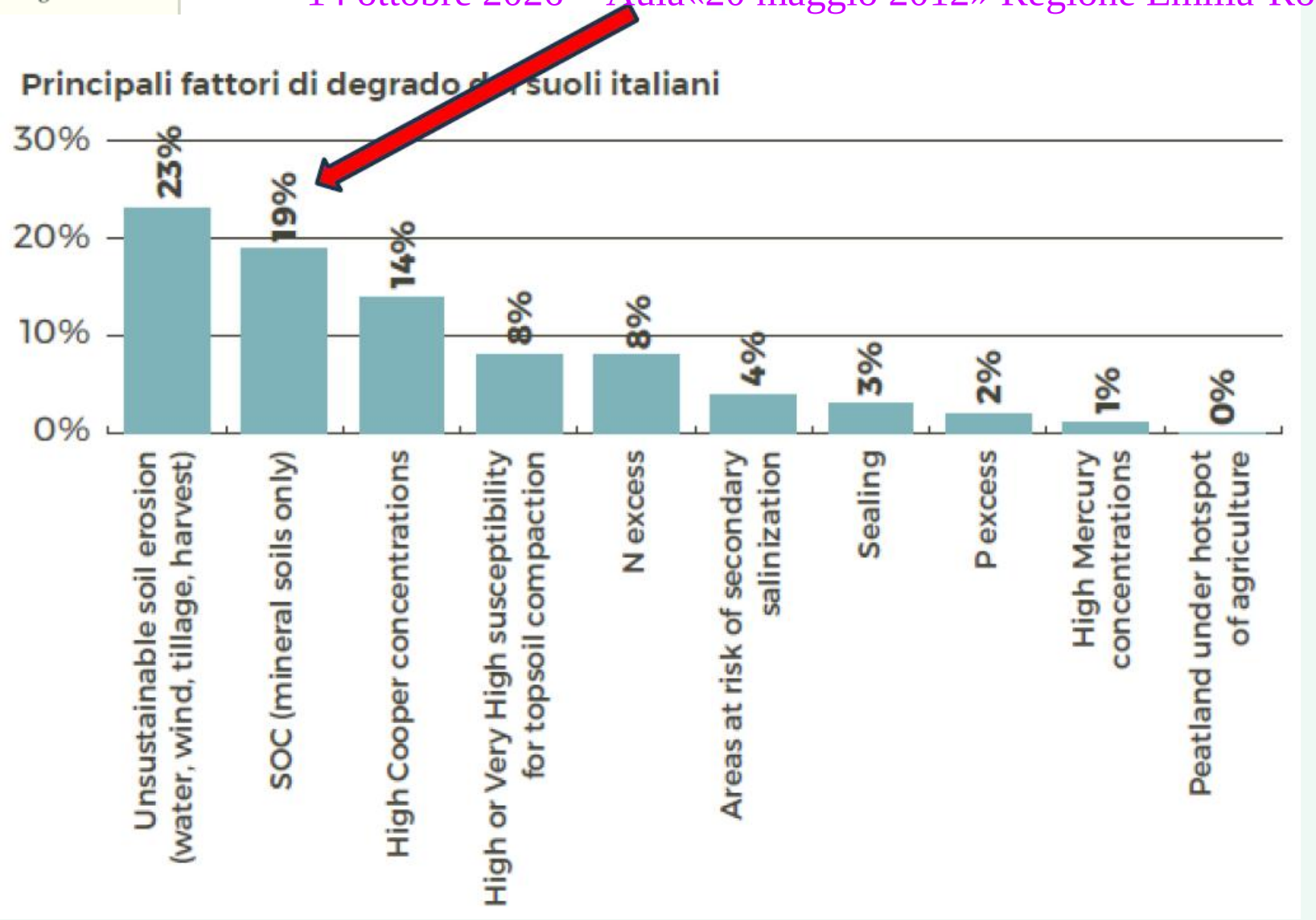
Effetti della **riduzione** del contenuto di **SO** del suolo

(Mod. da: Lal. R. (2010). Pedologist 19-32).

QUALITÀ DEI PRODOTTI ALIMENTARI

Dal suolo alla sicurezza in tavola

14 ottobre 2026 - Aula«20 maggio 2012» Regione Emilia-Romagna, Bologna



Il **47% dei suoli italiani** è in uno stato di cattiva salute (Osservatorio Europeo per il Suolo).

Principali cause:

1. erosione (23%)

2. mancanza di **C organico** (19%)

3. contaminazione da **rame** (14%)

4. .....

Da: **Montanarella L.** (2023). La salute del suolo. In: *Il suolo italiano al tempo della crisi climatica*- Rapporto 2023, Re Soil Foundation, pp. 12-25.

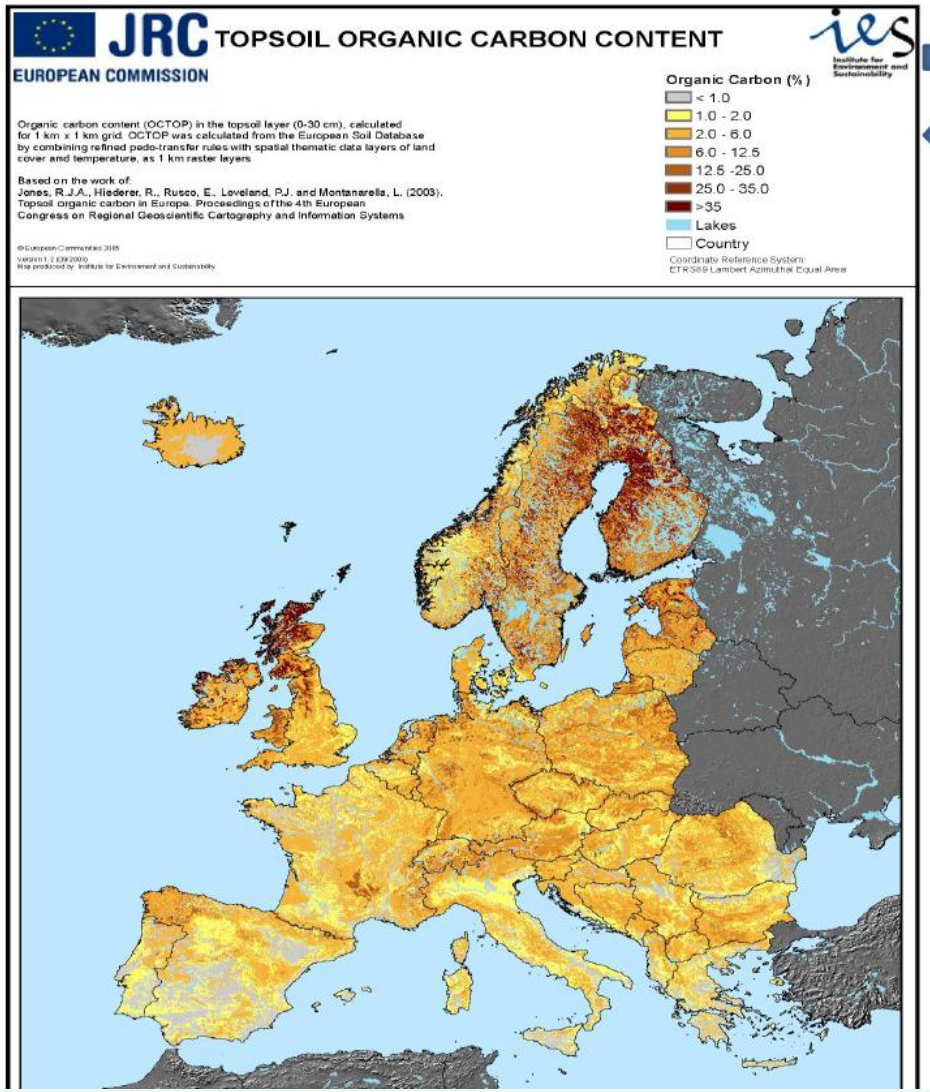
Accademia Nazionale di Agricoltura

QUALITÀ DEI PRODOTTI ALIMENTARI

Dal suolo alla sicurezza in tavola

14 ottobre 2026 - Aula«20 maggio 2012» Regione Emilia-Romagna, Bologna

Regione Emilia-Romagna
Assessorato Agricoltura e Agroalimentare, Caccia e Pesca



Contenuto di C organico nel topsoil in Europa

(< 1% C org ↔ < 10 g/kg)

inizio processi di desertificazione)

La **fertilizzazione è razionale se**:

- riesce a conservare o migliorare la **fertilità** e **qualità del suolo**
- **è in grado di contrastare:**
  - l'erosione
  - il decremento di contenuto di sostanza organica

Analisi del Suolo:
Laboratori e Parametri accreditati

Accademia Nazionale di Agricoltura

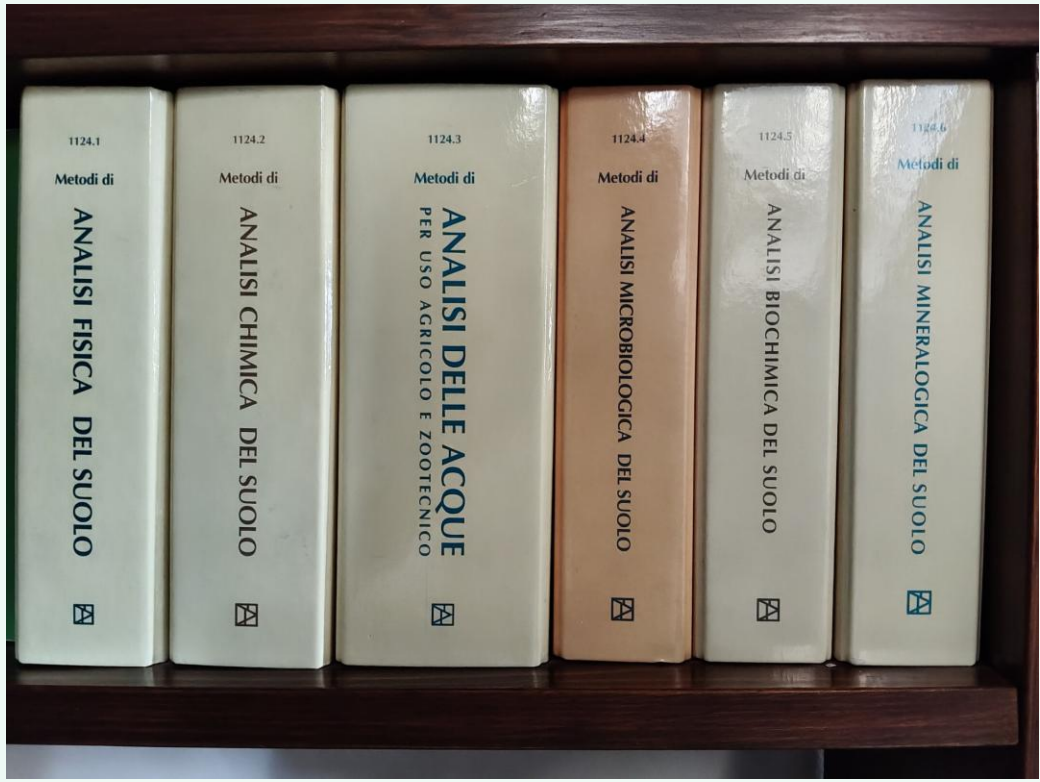
QUALITÀ DEI PRODOTTI ALIMENTARI

Dal suolo alla sicurezza in tavola

14 ottobre 2026 - Aula«20 maggio 2012» Regione Emilia-Romagna, Bologna

Regione Emilia-Romagna
Assessorato Agricoltura e Agroalimentare, Caccia e Pesca

Metodi Ufficiali di analisi Suoli



GAZZETTA UFFICIALE
DELLA REPUBBLICA ITALIANA

MINISTERO DELLE POLITICHE AGRICOLE E FORESTALI

DECRETO 8 luglio 2002.

Approvazione ed ufficializzazione dei Metodi di analisi microbiologica del suolo. (Decreto n. 0101751).

Mezzi tecnici: i Fertilizzanti

Mondo Verde
CONCIME SOLUBILE
Plant Food 4.0
Concime universale radicale e fogliare
UNIVERSALE!
PIANTE, FIORI, SIEPI, PRATI, GIARDINI ED ORTI
MADE IN ITALY

MAKES 30 LITRES OF PLANT BOOSTING GOODNESS
goodlife gateway
organic plant food
LEAF & STEM BOOST
OF&G ORGANIC
NO ARTIFICIAL CHEMICALS
KIND TO CHILDREN, PETS
BEES AND WILDLIFE
A NITROGEN RICH LIQUID ORGANIC PLANT FOOD
PERFECT FOR LEAF & STEM PLANTS
SUITABLE FOR THE DEVELOPMENT OF ALL FRUIT
AND FLOWERS, INDOOR AND OUTDOOR PLANTS

Normative fertilizzanti a garanzia della qualità

REGOLAMENTO (UE) n. 2019/1009 del Parlamento Europeo e del Consiglio del 5 giugno 2019 che stabilisce norme relative alla messa a disposizione sul mercato di prodotti fertilizzanti dell'UE, che modifica i regolamenti (CE) n. 1069/2009 e (CE) n. 1107/2009 e che *abroga il regolamento (CE) n. 2003/2003*

DECRETO LEGISLATIVO 29 aprile 2010, n. 75 - Riordino e revisione della disciplina in materia di fertilizzanti, a norma dell'articolo 13 della legge 7 luglio 2009, n. 88

REGOLAMENTO (CE) N. 889/2008 del 5 settembre 2008 recante modalità di applicazione del regolamento (CE) n. 834/2007 del Consiglio relativo alla produzione biologica e all'etichettatura dei prodotti biologici, per quanto riguarda la produzione biologica, l'etichettatura e i controlli

Article 14

Fertiliser requirements

A type of fertiliser may only be included in Annex I if:

(c) under normal conditions of use it does not adversely affect human, animal, or plant health, or the environment.

Questo **principio** è la ***conditio sine qua non*** per impiegare qualsiasi prodotto fertilizzante, ai sensi delle norme di settore: D.Lgs. 75/2010, Reg. CE 2003/2003 e Reg. (EU) 2019/1009

Biomasse di Scarto e Fertilità dei Suoli

Accademia Nazionale di Agricoltura

QUALITÀ DEI PRODOTTI ALIMENTARI

Dal suolo alla sicurezza in tavola

14 ottobre 2026 - Aula«20 maggio 2012» Regione Emilia-Romagna, Bologna

Regione Emilia-Romagna
Assessorato Agricoltura e Agroalimentare, Caccia e Pesca

COMMISSIONE EUROPEA

Bruxelles, 17.3.2016
COM(2016) 157 final

2016/0084 (COD)

Pacchetto sull'economia circolare

Proposta di

REGOLAMENTO DEL PARLAMENTO EUROPEO E DEL CONSIGLIO

che stabilisce norme relative alla messa a disposizione sul mercato di prodotti fertilizzanti recanti la marcatura CE e che modifica i regolamenti (CE) n. 1069/2009 e (CE) n. 1107/2009

Accademia Nazionale di Agricoltura

QUALITÀ DEI PRODOTTI ALIMENTARI

Dal suolo alla sicurezza in tavola

14 ottobre 2026 - Aula«20 maggio 2012» Regione Emilia-Romagna, Bologna

Regione Emilia-Romagna
Assessorato Agricoltura e Agroalimentare, Caccia e Pesca

Commissione europea - Comunicato stampa

Economia circolare: nuovo regolamento per favorire l'uso di concimi organici e ricavati dai rifiuti

Bruxelles, le 17 marzo 2016

La Commissione presenta i primi risultati del pacchetto sull'economia circolare contenente nuove norme in materia di concimi organici e ricavati dai rifiuti nell'UE

Bruxelles, 17 marzo 2016

Il riutilizzo delle materie prime attualmente smaltite come rifiuti è uno dei principi essenziali del pacchetto sull'economia circolare adottato nel dicembre 2015. Oggi la Commissione propone un regolamento finalizzato ad agevolare in maniera significativa l'accesso al mercato unico dell'UE per i concimi organici e ricavati dai rifiuti, instaurando pari condizioni di concorrenza con i tradizionali concimi inorganici. Saranno così create nuove opportunità di mercato per le imprese innovative, riducendo nel contempo la quantità di rifiuti prodotti, il consumo energetico e i danni ambientali. **Jyrki Katainen**, Vicepresidente e Commissario responsabile per l'Occupazione, la crescita, gli investimenti e la competitività, ha dichiarato: *"Delle abbondantissime risorse in rifiuti organici, solo una minima quantità è trasformata in prodotti fertilizzanti di valore. I nostri agricoltori utilizzano concimi ottenuti da risorse importate o mediante processi produttivi ad elevata intensità di energia, benché la nostra industria sia in grado di sfruttare i rifiuti organici trasformandoli in nutrienti riciclati. Il presente regolamento ci aiuterà a trasformare i problemi in opportunità per gli agricoltori e le imprese."*

RELAZIONE

1. CONTESTO DELLA PROPOSTA

- **Motivi e obiettivi della proposta**

1. La proposta intende affrontare le importanti problematiche attualmente esistenti sul mercato, individuate per la prima volta in una valutazione ex post del regolamento (CE) n. 2003/2003 ("il regolamento sui concimi in vigore") effettuata nel 2010[1]. Essa è ritenuta inoltre una delle proposte legislative fondamentali nell'ambito del piano d'azione per l'economia circolare[2].

Primo motivo e primo obiettivo

2. In primo luogo i prodotti fertilizzanti innovativi, spesso contenenti nutrienti o materia organica riciclati da rifiuti organici o da altre materie prime secondarie conformemente al modello di economia circolare, hanno difficoltà ad accedere al mercato interno a causa dell'esistenza di regole e norme nazionali divergenti.

Direttiva Parlamento europeo e Consiglio Ue 2025/2360/Ue

Monitoraggio e resilienza del suolo

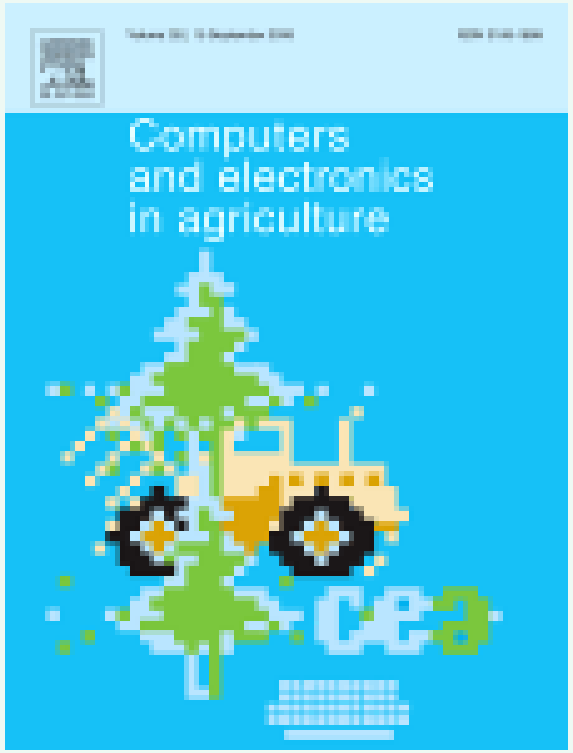
Parlamento europeo e Consiglio dell'Unione europea
Direttiva 12 novembre 2025, n. 2025/2360/Ue

Direttiva sul monitoraggio e la resilienza del suolo (direttiva sul monitoraggio del suolo)

La Direttiva (UE) 2025/2360, nota come Direttiva sulla Salute del Suolo, **stabilisce un quadro comune per il monitoraggio e la tutela dei suoli**, puntando a renderli sani entro il 2050.

Entro il 17 dicembre 2028, gli **Stati membri dovranno istituire reti di monitoraggio** basate su **indicatori fisici, chimici e biologici** per ridurre la contaminazione e contrastare il consumo di suolo.

Elaborazione Dati, Sviluppo Modelli Predittivi



Soil fertility prediction using SoilGRU-XNet: An explainable GRU-based framework for precision agriculture☆

Prasannavenkatesan et al. (2026)

An IoT-enabled AI system for real-time crop prediction using soil and weather data in precision agriculture

Sharafat et al. (2025)

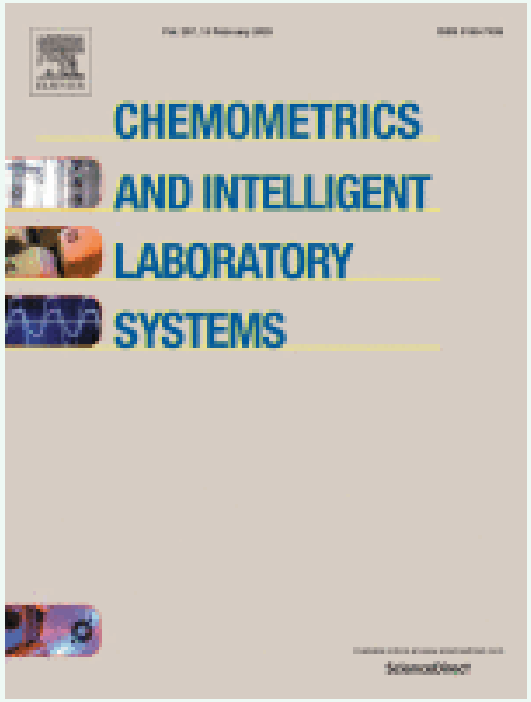
Accademia Nazionale di Agricoltura

QUALITÀ DEI PRODOTTI ALIMENTARI

Dal suolo alla sicurezza in tavola

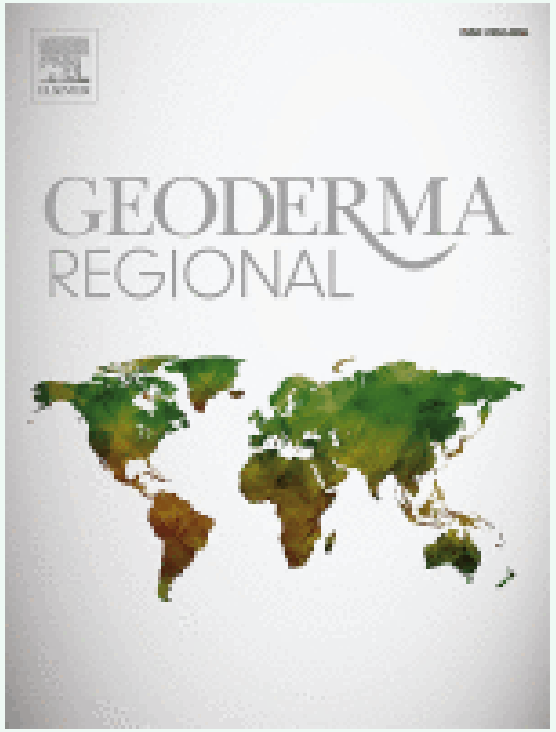
14 ottobre 2026 - Aula«20 maggio 2012» Regione Emilia-Romagna, Bologna

Regione Emilia-Romagna
Assessorato Agricoltura e Agroalimentare, Caccia e Pesca



Sparse attention regression network-based soil fertility prediction with UMMASO

Raghavendra Rao, Srinivasulu R eddy (2024)



Digital technologies for soil fertility evaluation and prediction in Africa: A review of application, adoption and challenges

Gashu et al. (2026)

Grazie dell'attenzione!