

Caratterizzazione in situ del suolo attraverso la spettroscopia nell'infrarosso vicino per una concimazione specifica della parcella

Autori e autrici: Konrad Metzger, Thomas Guillaume, Frank Liebisch, Luca Bragazza

Versione: 1 / Marzo 2025

Con l'aiuto di spettrometri portatili, che coprono lo spettro dell'infrarosso vicino, e grazie a modelli predittivi consolidati è possibile valutare in modo rapido e conveniente parametri del suolo importanti per la fertilità. Ciò riduce la necessità di complesse analisi di laboratorio e permette una valutazione delle caratteristiche specifiche del suolo in maniera più tempestiva e con una migliore risoluzione spaziale. Tutto ciò risulta utile per un'adeguata misurazione del fabbisogno di concimazione (p. es., norma corretta o N_{min}). Poiché attualmente i dispositivi e i modelli predittivi sono ancora in fase di forte sviluppo, si può prevedere che in futuro saranno disponibili dispositivi di misurazione più economici, veloci e precisi.

Tabella 1: Elementi chiave della misura

Campo di applicazione	Campicoltura, in particolare orticoltura, ma anche tutte le altre colture agricole
Livello di attuazione	Consulenza, agricoltori, organizzazioni di settore e di vendita
Livello di azione	A livello di parcella nelle aziende, mineralizzazione di N per un determinato anno in una regione
Redditività	Incerta/variabile, nessuna affermazione generale possibile Con questi strumenti di misurazione si possono ottimizzare la concimazione e i ricavi, e ciò ha effetti positivi sulla redditività. Inoltre, le analisi del suolo in situ sono molto più economiche delle analisi in laboratorio.
Obiettivo d'efficacia	Azoto (N), fosforo (P) e carbonio (C), anche potassio (K) e magnesio (Mg)
Sottocategoria dell'obiettivo d'efficacia	Nitrato, ammonio, fosfato, ma anche humus, pH e altre sostanze nutritive
Periodo di azione	A breve termine (concimazione ottimizzata), a medio e lungo termine (> 5 anni, fertilità del suolo)
Azione/Potenziale di riduzione	Migliore conoscenza delle caratteristiche del suolo grazie ad analisi più economiche e veloci. Concimazione più efficiente e adeguata al luogo e miglioramento del suolo.

Meccanismo di azione

La misurazione del fabbisogno di concimazione adeguata alla parcella migliora l'efficienza dell'utilizzo delle sostanze nutritive. Per i metodi di misurazione del fabbisogno di concimazione specifici alla parcella come la [norma corretta](#) o il [metodo \$N_{min}\$](#) sono necessarie informazioni sulle caratteristiche del suolo (tenore di humus e di argilla o valore pH). I costi per queste analisi del suolo sono spesso un fattore limitante per il loro impiego. Inoltre, per analisi del suolo che tengono conto dell'eterogeneità del campo, per esempio per la modulazione intra-parcellare della concimazione, i costi sarebbero moltiplicati.

La caratterizzazione in situ del suolo con dispositivi portatili attraverso la spettroscopia NIR è pertanto un approccio promettente per ridurre notevolmente i costi e i tempi necessari per la stima dei parametri del suolo e per favorire l'attuazione di raccomandazioni di concimazione specifiche per la parcella (Lorenz et al., 2023; Piccini et al., 2023).



Vantaggi/sinergie

La spettroscopia del suolo con tecnologia NIR permette di misurare le caratteristiche del suolo con un'elevata risoluzione spaziale e temporale. La misurazione è rapida e il numero di misurazioni ha pochissima influenza sul prezzo. Se è stato creato un modello di calibrazione e implementato nell'applicazione, i risultati di misurazione possono essere resi immediatamente disponibili. Inoltre, è possibile valutare più parametri del suolo a partire dallo stesso spettro.

Svantaggi/Limiti/Conflitti di obiettivo

È necessario creare e validare i modelli, che devono essere adeguati alle condizioni locali, e ciò necessita di spettri e di relative analisi di laboratorio. La modellizzazione richiede conoscenze dei modelli chemiometrici e matematici.

Ogni modello presenta un errore; esso deve essere quantificato e il rapporto costi-benefici deve essere a favore della spettroscopia. A questo proposito, è necessario anche definire il numero di misurazioni ripetute. (L'errore dovrebbe essere minore o uguale rispetto al campione di suolo di riferimento con analisi).

A volte l'acquisto degli strumenti risulta costoso; anche in questo caso è necessario valutare il rapporto costi-benefici rispetto al campione con successiva analisi di laboratorio.

Con la spettroscopia NIR non è possibile determinare direttamente né N_{\min} né macronutrienti (P, K, Mg), ma solo covariabili (humus, consistenza, pH, azoto totale o tenori totali di P, K, Mg).

Interazioni

Per migliorare a lungo termine la gestione delle sostanze nutritive in un'azienda e, di conseguenza, ottimizzare il suo bilancio delle sostanze nutritive, questo metodo di misurazione dovrebbe essere utilizzato in combinazione con gli strumenti di pianificazione della concimazione che includono le caratteristiche del terreno, per esempio il metodo della norma corretta oppure strumenti digitali (cfr. scheda tecnica Agroscope n° 219).

Attuazione: dispendio/procedura/applicazione/fattibilità

La registrazione degli spettri è di per sé un'operazione semplice e può essere eseguita dopo un breve apprendimento. In presenza di modelli predittivi e quindi di software semplici per l'utilizzo dei dati, l'analisi dei dati può essere eseguita anche senza conoscenze particolari.

Per la realizzazione di modelli di calibrazione, per esempio tramite consulenti o aziende, sono necessarie conoscenze di modellizzazione e una comprensione di base di modelli chemiometrici. A tale scopo, i campioni devono essere analizzati parallelamente in laboratorio. Per modelli affidabili sono necessari più di 100 campioni, ma questo numero può essere influenzato ulteriormente dall'eterogeneità regionale del suolo.

Al momento questa tecnica è ancora in fase di ricerca (Lonzano Fondón et al., 2024; Najdenko et al., 2024) e viene ulteriormente sviluppata. È disponibile soltanto in modo limitato per l'utilizzo commerciale in agricoltura. Tuttavia, alcuni sensori e prodotti sono già affermati sul mercato. Per esempio, i sensori Veris ([CoreScan™](#)) utilizzano la spettroscopia NIR per le misurazioni di argilla e carbonio. Oggi in Europa queste nuove tecniche di misurazione per le analisi e la mappatura del suolo (p. es. [Vantage Agrometius](#) o [AgroCares](#)) sono utilizzate soprattutto da contoterzisti e aziende di misurazione.

Requisiti/Condizioni

Per la misurazione dello spettro NIR servono uno spettrometro e un modello di calibrazione. I modelli di calibrazione devono poter rappresentare le condizioni locali: i modelli globali o provenienti da altre regioni possono essere imprecisi se non sono stati verificati per la regione in questione ed eventualmente adeguati. Le previsioni del modello andrebbero validate periodicamente, ciò è spesso possibile con il ricorso ad analisi di laboratorio per circa il 10% dei punti di misurazione.

Valutazioni

Redditività

Attualmente non è disponibile nessuna valutazione quantitativa della redditività di questa misura per il contesto svizzero. Pertanto, gli autori della presente scheda tecnica hanno effettuato una valutazione qualitativa.

Gli spettrofotometri NIR ad alta risoluzione sono molto costosi e molto probabilmente non sono redditizi per un uso di routine da parte degli agricoltori. Al contrario, la nuova generazione di spettrometri è relativamente economica e, nonostante una risoluzione limitata e un ambito di misurazione ridotto, fornisce risultati affidabili (Metzger et al., 2023; Metzger et al., 2024; Mitu et al., 2024), e ciò può influenzare positivamente la redditività.

Anche se i costi per la misurazione sono molto contenuti, l'analisi dei dati deve essere effettuata da personale specializzato (soprattutto la creazione e l'aggiornamento del modello di calibrazione).

Visto che il servizio viene offerto molto raramente a livello commerciale, è difficile valutare la riduzione dei costi rispetto alle classiche analisi di laboratorio. Tuttavia, secondo studi e applicazioni pratiche, vi sono chiari vantaggi in termini di costi, che dovrebbero migliorare ancora con il tempo (Li et al., 2021; Lonzano Fondón et al., 2024).

La spettroscopia del suolo può essere utilizzata per effettuare l'analisi del suolo per alcuni dati di base (come tessitura, humus, pH, azoto totale) in modo più rapido ed economico e, rispetto al test tattile, anche più efficace (Hirte et al., 2022). Sulla base dei dati è possibile realizzare in modo più economico mappe del suolo più dettagliate e quindi di stimare con maggiore precisione le esigenze di concimazione.

Potenziale di riduzione

Se con questo metodo si può favorire e rendere più affidabile l'uso della concimazione adattata al luogo, vi è un potenziale di riduzione relativamente elevato (cfr. schede tecniche sul metodo N_{min} e sulla noma corretta). Se si conoscono i tenori di humus e argilla, la riduzione di concime su un campo con tenore di humus da medio ad alto può arrivare fino a 40 kg di N/ha/anno.

Criteri di successo/qualità

Con questo metodo, per gli agricoltori è più facile attuare una pianificazione della concimazione specifica per la parcella. Esso consente di misurare importanti parametri del suolo e, attraverso di essi, di gestire la concimazione in modo più efficiente e la fertilità del suolo in modo più mirato.

Prospettive per le parti interessate

L'utilizzo di spettrometri portatili per le analisi del suolo in situ può essere un'opzione sensata per gli agricoltori e i consulenti interessati, soprattutto quando vengono eseguite misurazioni periodiche e quando sono disponibili o sono stati creati dagli stessi utenti modelli validati per l'area in questione.

Per i contoterzisti e le aziende di misurazione del suolo, questo metodo di misurazione rappresenta un'integrazione molto utile rispetto al metodo attuale.

Conclusione

La spettroscopia del suolo è una tecnologia che promette analisi del suolo più veloci, con una maggiore risoluzione e in alcuni casi anche più affidabili. Il numero crescente di studi scientifiche dimostra il grande interesse per un'applicazione più ampia di questa tecnologia in futuro (Barra et al., 2021; Mitu et al., 2024; Najdenko et al., 2024; Piccini et al., 2023). Con strumenti più economici e modelli di calibrazione più accessibili è possibile campionare i campi in modo più rapido e con una maggiore risoluzione. Per questo motivo, il metodo favorirà anche l'impiego di una pianificazione della concimazione specifica per la parcella e per il sito, rendendola accessibile a una cerchia più ampia di utenti. Inoltre, con l'aiuto della spettroscopia del suolo è possibile misurare un gran numero di altri parametri, utili anche per decisioni relative alla gestione della concimazione e del suolo (Metzger & Bragazza, 2024).

Maggiori informazioni

Contenute in

Progetto [Proximal Sensing](https://www.agroscope.ch) del programma di ricerca Indicate di Agroscope ([indicate.agroscope.ch](https://www.agroscope.ch))

Progetto [ProbeField](https://www.ejpsoil.eu) nell'European Joint Programme EJP Soil ([ejpsoil.eu](https://www.ejpsoil.eu))

Bibliografia

- Barra I., Haefele S.M., Sakrabani R., Kebede F. (2021). Soil spectroscopy with the use of chemometrics, machine learning and pre-processing techniques in soil diagnosis: Recent advances – A review. *TrAC Trends in Analytical Chemistry* 135, 116166. <https://doi.org/10.1016/j.trac.2020.116166>
- Gilgen A., Meyer Y., Anken T., Keck M., Liebisch F. (2024). Utilizzo di software agricoli per la gestione delle sostanze nutritive. Agroscope, Zurigo. Scheda tecnica Agroscope n° 219, 4 pagg. <https://ira.agroscope.ch/it-CH/Page/Publikation/Index/57124>
- Guillaume T., Carlen C., Gilgen A., Liebisch F. (2023). Determinazione delle esigenze di concimazione delle colture secondo le norme corrette. Agroscope, Zurigo. Scheda tecnica Agroscope n° 201, 4 pagg. <https://ira.agroscope.ch/it-CH/Page/Publikation/Index/54957>
- Hirte J., Liebisch F., Heller O., Weisskopf P., Weyermann I., Baumann P., Keller A., Bürge D. (2022). Die Schweizer Bestimmungsmethoden für pflanzenverfügbare Gehalte an Phosphor, Kalium, Magnesium und Calcium im Boden. Möglichkeiten, Grenzen und Entwicklungspotential. Agroscope, Zurigo. <https://ira.agroscope.ch/de-CH/publication/49221>
- Li S., Viscarra Rossel R.A., Webster R. (2021). The cost-effectiveness of reflectance spectroscopy for estimating soil organic carbon. *European Journal of Soil Science* 73 (1). <https://doi.org/10.1111/ejss.13202>
- Lorenz F., Liebisch F., Lohr D., Olf H.-W. (2023). Vor-Ort Methoden zur Bodenuntersuchung. VDLUFA-Verlag, Darmstadt.
- Metzger K., Bragazza L. (2024). Prediction of nitrogen, active carbon, and organic carbon-to-clay ratio in agricultural soils by in-situ spectroscopy. *European Journal of Soil Science* 75 (3). <https://doi.org/10.1111/ejss.13508>
- Metzger K., Liebisch F., Herrera J.M., Guillaume T., Bragazza L. (2024). Prediction Accuracy of Soil Chemical Parameters by Field- and Laboratory-Obtained vis-NIR Spectra after External Parameter Orthogonalization. *Sensors* 24 (11). <https://doi.org/10.3390/s24113556>
- Metzger K., Liebisch F., Herrera J.M., Guillaume T., Walder F., Bragazza L. (2023). The use of visible and near-infrared spectroscopy for in situ characterization of agricultural soil fertility: a proposition of best practice by comparing scanning positions and spectrometers. *Soil Use and Management* 40 (1). <https://doi.org/10.1111/sum.12952>
- Mitu S.M., Smith C., Sanderman J., Ferguson R.R., Shepherd K., Ge Y. (2024). Evaluating consistency across multiple NeoSpectra (compact Fourier transform near-infrared) spectrometers for estimating common soil properties. *Soil Science Society of America Journal* 88, 1324–1339. <https://doi.org/10.1002/saj2.20678>
- Najdenko E., Lorenz F., Dittert K., Olf H.-W. (2024). Rapid in-field soil analysis of plant-available nutrients and pH for precision agriculture – a review. *Precision Agriculture* 25, 3189–3218. <https://doi.org/10.1007/s11119-024-10181-6>
- Neuweiler R., Huguen-Elie O., Schöneberg T., Guillaume T., Liebisch F. (2023). Metodo N_{min} per determinare le esigenze di concimazione. Agroscope, Zurigo. Scheda tecnica Agroscope n° 194, 4 pagg. <https://ira.agroscope.ch/it-CH/Page/Publikation/Index/54721>
- Piccini C., Metzger K., Debaene G., Stenberg B., Götzinger S., Borůvka L., Sandén T., Bragazza L., Liebisch F. (2024). In-field soil spectroscopy in Vis–NIR range for fast and reliable soil analysis: A review. *European Journal of Soil Science* 75 (2). <https://doi.org/10.1111/ejss.13481>
- AgroCares Nutrient Scanner, <https://agrocared.com/scanners/>, accesso in data: 12.11.2024
- Vantage agrometius, <https://www.vantage-agrometius.nl/en/company-information/>, accesso in data: 12.11.2024
- Veris CoreScan <https://www.veristech.com/corescan>, accesso in data: 12.11.2024

Colophon

Editore	Agroscope Route de Duillier 60 1260 Nyon www.agroscope.ch
Series editor	Frank Liebisch
Download	www.agroscope.ch/perditedisostanzanutritive
Copyright	© Agroscope 2025

Esclusione di responsabilità

Agroscope declina qualsiasi responsabilità in merito all'attuazione delle informazioni riportate. Si applica la giurisprudenza svizzera attuale.