

Modulazione intraparticellare della concimazione

Autori e autrici: Thomas Anken, Annett Latsch, Michael Simmler, Lilia Levy, Juan Manuel Herrera, Nathalie Wuyts, Francesco Argento, Benedikt Kramer, Florian Bachmann, Frank Liebisch

Versione: 1 / Marzo 2025

La modulazione intraparticellare della concimazione azotata permette potenzialmente di nutrire le piante in modo adeguato al fabbisogno e di evitare eccessi o carenze. L'obiettivo è quello di ottenere raccolti e qualità ottimali, lavorare con costi efficienti e ridurre gli effetti negativi sull'ambiente, per esempio in forma di perdite di nitrati o di protossido di azoto. L'utilizzo di modelli matematici e dati provenienti da satelliti e sensori consente notevoli progressi. Anche se il loro sviluppo non è ancora concluso, questi sistemi trovano già impiego nella pratica agricola in Svizzera.

Tabella 1: Elementi chiave della misura

Campo di applicazione	Campicoltura
Livello di attuazione	Agricoltori
Livello di azione	Campo
Redditività	Grazie ai tool gratuiti e a una comoda gestione dello spandiconcime, i costi sono praticamente nulli. Nel caso in cui lo spandiconcime venga completamente equipaggiato con un ISO bus, l'affermazione precedente vale solo se lo si utilizza su superfici più ampie. Il programma sull'efficienza delle risorse della Confederazione consente un'attuazione redditizia.
Obiettivo d'efficacia	Azoto (N); possibili fosforo (P) e altre sostanze
Sottocategoria dell'obiettivo d'efficacia	Nitrato (NO_3^-), ammoniaca (NH_3) e protossido di azoto (N_2O)
Periodo di azione	Attuabile a breve termine, ha un'azione a lungo termine
Azione/Potenziale di riduzione	Potenziale di riduzione (in tutta la Svizzera): alto (> 1000 t N) in combinazione con altre misure, p. es. determinazione delle esigenze di concimazione delle colture secondo le norme corrette

Meccanismo di azione: concimazione delle piante adatta al fabbisogno

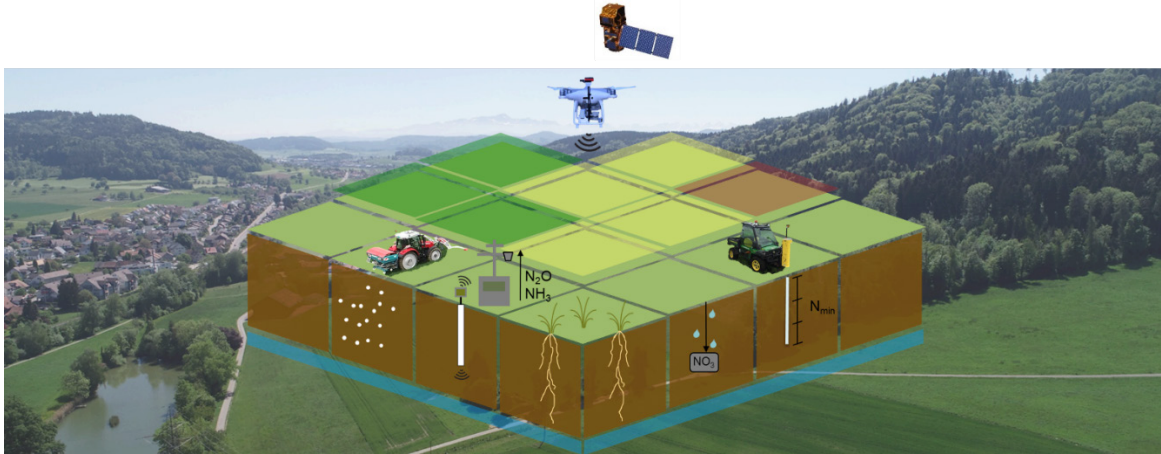
Concimare le piante coltivate in modo adeguato al fabbisogno è un compito complesso per il quale è necessario tener conto di diversi fattori: struttura del terreno, naturale mineralizzazione dell'azoto, condizioni di semina, stato attuale delle piante, caratteristiche climatiche e malattie delle piante sono fattori che influenzano il potenziale raccolto e il fabbisogno di azoto. L'obiettivo è coprire questo fabbisogno senza ricorrere a eccessi o carenze: per carenze si intendono perdite nel raccolto e nella qualità, mentre un eccesso si manifesta in forma di perdite come un maggiore dilavamento dei nitrati nelle acque sotterranee o emissioni di protossido di azoto nell'atmosfera. Inoltre, è necessario tener conto del fatto che la fabbricazione di concimi azotati minerali tramite il processo Haber-Bosch richiede molta energia e pertanto va impiegata con parsimonia.

La modulazione intraparticellare della concimazione, che consente di variare lo spandimento di concime all'interno di un campo per tenere conto delle differenti caratteristiche del suolo e delle piante, si è fortemente sviluppata negli ultimi anni e rappresenta da decenni uno dei progressi più importanti nell'ambito della concimazione azotata (Lorenz e Münchhoff, 2018).



Sensori per registrare lo sviluppo delle piante

I sensori installati su trattori, droni o satelliti forniscono informazioni sull'attuale apporto di azoto delle piante sul campo e mostrano in quali punti le piante sono più forti o più deboli. La conseguente suddivisione dei campi in diverse particelle, le cosiddette zone di gestione, permette di ottimizzare lo spandimento di concime sul campo. La suddivisione del concime è rappresentata sulle carte di spandimento, che vengono trasmesse al trattore e applicate durante la concimazione. In condizioni di crescita favorevoli, le aree poco sviluppate vengono spesso concimate un po' di più e quelle ben sviluppate un po' di meno. In condizioni sfavorevoli, come nel caso delle aree con ristagno d'acqua, la quantità di concime deve essere ridotta, poiché l'azoto aggiuntivo non può essere utilizzato dalle piante. Per determinare il livello medio di emissione di azoto attualmente sono attualmente utilizzati metodi convenzionali di valutazione del fabbisogno di fertilizzanti, come norma di concimazione corretta o N_{min} (www.pric.ch). Tuttavia, si lavora alacremente per trovare nuove soluzioni basate su modelli.



La modulazione intraparticellare della concimazione consente sia raccolti ottimali sia la riduzione del dilavamento dei nitrati e delle emissioni di protossido di azoto.

Il vantaggio dei sistemi basati su satelliti è il basso prezzo delle carte di applicazione, che possono essere realizzate gratuitamente o sono disponibili presso venditori commerciali a un prezzo all'ettaro. A seconda del modello, i sistemi di sensori basati su trattori come Yara o Isaria possono costare fino a diverse decine di migliaia di franchi e ciò, viste le piccole dimensioni dei campi in Svizzera, rappresenta una sfida per il loro ammortamento. Il vantaggio è che effettuano la misurazione durante il passaggio sul campo, e non vengono disturbati dalla presenza delle nuvole, come accade con i satelliti. I droni sono più economici, forniscono dati più dettagliati e, al contrario dei satelliti, non vengono disturbati dalle nuvole alte. Lo svantaggio è l'onere supplementare necessario per farli volare. Tuttavia, se calibrati e utilizzati correttamente, diversi sistemi di sensori forniscono raccomandazioni qualitativamente simili per la concimazione azotata (Argento et al., 2025).

Vantaggi

- Nella concimazione si tiene conto delle differenze spaziali nello sviluppo delle piante.
- Le piante assorbono un'elevata percentuale dei concimi azotati impiegati.
- Gli effetti negativi sull'ambiente come il dilavamento di nitrati e l'emissione di protossido di azoto sono ridotti, così come il fabbisogno energetico per la produzione di concimi.
- Sono ridotti anche gli effetti negativi della concimazione eccessiva come allettamento, perdite di qualità e aumento di malattie.
- In molti casi sono possibili risparmi di costi nella concimazione e consentono di raggiungere una maggiore efficienza di concimazione senza perdite di raccolto e qualità.
- Le aziende hanno a disposizione dati importanti che consentono di ottimizzare la produzione campicola e di effettuare confronti negli anni.

Svantaggi

- Onere aggiuntivo per l'attuazione, p. es. per la realizzazione e il trasferimento delle carte di applicazione al trattore.
- Nell'uso possono sorgere ostacoli e problemi tecnici, che necessitano di conoscenze specifiche.
- In base all'equipaggiamento scelto, è possibile che i costi siano elevati e quindi che debbano essere ammortizzati di conseguenza. Per alleggerire l'onere, in molti casi è consigliabile un impiego tra più aziende (macchinari acquistati in comune, contoterzisti).
- Misurare la quantità media di azoto richiede in genere una certa esperienza e l'utilizzo della misurazione del fabbisogno di concime; finora manca una soluzione automatizzata.

Tabella 2: Panoramica dei sistemi più importanti di modulazione intraparticellare della concimazione (selezione non esaustiva), ulteriori esempi e un confronto funzionale sulla base della concimazione azotata si trovano in Argento et al. (2025)

Sistema	Esempi di prodotti e aziende	Funzionalità
Immagini satellitari	www.talkingfields.de (Vista); www.barto.ch (Cropview); onesoil.ai ; www.terrazo.at (gratis); earthdailyagro.com ; www.spacenus.com , nutriguide.com , terensis.io , cropsat.com , www.solorrow.com , www.koralabs.ch	La maggior parte dei tool consente di definire zone di gestione e fornisce un aiuto nella creazione di carte di applicazione. I servizi a pagamento forniscono anche raccomandazioni sulle quantità di fertilizzanti per le diverse zone, che l'utente può adattare ulteriormente.
Sensori per trattori	www.agricon.de (sensore YaraN), www.farmoffice.ch/index.php/produkte/next-greenseeker (NEXT Greenseeker), www.isaria-digitalfarming.com (Isaria Crop Sensor)	Adeguamento della quantità di concime durante l'applicazione sulla base dei dati ottici ottenuti dalle piante.
Droni	Droni come www.wingtra.com , ageagle.com , www.dji.com , www.parrot.com , www.xa.com dotati di camere multispettrali	Creazione di immagini multispettrali e generazione di carte di applicazione con pacchetti software come www.pix4d.com , www.applikationskarte.de

Interazioni

Le informazioni a disposizione possono essere utilizzate anche per la gestione delle piante (regolatori della crescita) e per la loro protezione. Oltre all'azoto è possibile applicare con modulazione intraparticellare anche altre sostanze come fosforo e ammendanti come la calce.

Attuazione: dispendio/procedura/applicazione/fattibilità

Le possibilità sono moltissime e vanno dalle app gratuite fino alle offerte commerciali e ai sensori high-end. L'utilizzo delle app in generale non costituisce un grosso ostacolo. È possibile anche una produzione autonoma di carte di applicazione con software GIS, ma richiede conoscenze di dati spaziali e dei relativi software. Nell'ambito del progetto «Smart-N» ([Link](#)) la modulazione intraparticellare della concimazione è stata attuata in sette aziende sulle colture di frumento autunnale, raccogliendo esperienze pratiche grazie all'impiego di diverse tecnologie.

Requisiti/Condizioni

- Una modulazione intraparticellare della concimazione completamente automatica con modifiche continue delle impostazioni dello spargiconcime ([scheda tecnica DLG n. 410](#)) richiede un adeguato equipaggiamento tecnico e può causare costi aggiuntivi pari a oltre cinquemila franchi. Gli adeguamenti tecnici offerti dai singoli produttori o da aziende indipendenti come www.tellnet-ag.ch possono rappresentare un'alternativa economica. L'acquisto di un nuovo equipaggiamento permette di tener conto delle possibilità tecniche, e ciò risulta spesso più conveniente rispetto a un adeguamento.
- La regolazione manuale della quantità di concime durante lo spargimento può essere controllata per esempio con un tablet e con il software gratuito [Terrazo](#). Tuttavia, è meno precisa e, a seconda delle situazioni può risultare molto complessa. In compenso, si può attuare senza quasi nessun costo aggiuntivo.
- In azienda sono disponibili le conoscenze necessarie per l'attuazione dei sistemi.

Valutazioni

Redditività

L'Ufficio federale dell'agricoltura (UFAG) versa un contributo per i sistemi di produzione in campicoltura pari a 100 franchi/ha per l'utilizzo efficiente dell'azoto (UFAG, 2024). Questo contributo permette di compensare l'onere supplementare per la modulazione intraparticellare della concimazione, altrimenti difficile perché al confronto i prezzi dei fertilizzanti sono bassi (Argento et al., 2022). Nella maggior parte dei casi, la modulazione intraparticellare della concimazione permette di raggiungere senza perdite di raccolto l'obiettivo di max 90 % della quantità di azoto che può essere sparso secondo Suisse-Bilanz. Un miglior controllo della gestione delle piante e la prevenzione della sovraconcimazione consentono inoltre di effettuare la concimazione in modo più efficiente e adeguato al luogo e di ridurre gli effetti negativi, come l'allettamento. I costi di implementazione variano notevolmente a seconda del livello. Con un computer tablet o uno smartphone sul trattore e il controllo manuale della quantità di concime durante l'applicazione, i costi sono molto bassi. Tuttavia, uno spargiconcime completamente elettronico comporta rapidamente costi supplementari pari a svariate migliaia di franchi, che vanno ammortizzati negli anni.

Potenziale di riduzione

In esperimenti pratici condotti nella stazione sperimentale Tecnologie intelligenti sulle colture di frumento autunnale con l'applicazione Vista in combinazione con N_{min} è stato possibile ridurre le eccedenze di azoto di oltre il 20 % senza ripercussioni sul raccolto e sulla qualità, e ciò dimostra il grande potenziale di riduzione di questa misura (Latsch e Kramer, 2023).

Criteri di successo/qualità

- Con un raccolto invariato e senza perdite di qualità è possibile ridurre le eccedenze di azoto e aumentare l'efficienza dell'uso di sostanze nutritive.
- Le grandi differenze di spazio tra le piante sono gestite in modo adeguato.

Prospettive per le parti interessate

Gli esperimenti condotti presso la stazione sperimentale digitale Tecnologie intelligenti e le esperienze pratiche mostrano che gli agricoltori hanno bisogno di strumenti facili da maneggiare. È necessario che funzionino dal punto di vista tecnico, che le informazioni più importanti siano disponibili in pochi click e che le carte di applicazione possano essere trasferite da PC o smartphone al trattore. È necessaria anche un'elevata affidabilità, visto che nella pratica vi è una tollerabilità ridotta nei confronti delle perdite di raccolto, che si trasformano rapidamente in perdite economiche elevate. Sul piano internazionale si tratta di una tecnologia affermata, tuttavia per la Svizzera mancano raccomandazioni dettagliate su come attuarla in base alle situazioni con la misurazione del fabbisogno di concime stabilita dal PRIC.

Conclusione

La modulazione intraparticellare della concimazione azotata è una misura molto efficiente per ridurre le eccedenze di azoto in agricoltura. Consente non soltanto agli specialisti, ma anche alle singole aziende di determinare lo spandimento di concime in base al fabbisogno delle piante ed è una soluzione preziosa per una campicoltura professionale che ottimizza i raccolti e riduce gli effetti negativi sull'ambiente.

Maggiori informazioni

Contenute in...

themes.agripedia.ch/teilflaechenspezifische-bewirtschaftung

www.smartfarming.agroscope.ch

www.swissfuturefarm.ch

www.swissgranum.ch

www.dlg-verlag.de/shop/teilflächen-bewirtschaften.html

Bibliografia

Argento F., Liebisch F., Anken T., Walter A., & El Benni N. (2022). Investigating two solutions to balance revenues and N surplus in Swiss winter wheat. *Agricultural systems*, 201, 103451. <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2022.103451>

Argento F., Merz Q., Perich G., Anken T., Walter A., Liebisch F. (2025) A comparison of proximal and remote optical sensor platforms for N status estimation in winter wheat. *Computers and Electronics in Agriculture* 232 (2025) 110110. <https://doi.org/10.1016/j.compag.2025.110110>

UST (2024). Contributo per l'utilizzo efficiente dell'azoto in campicoltura (Fr. 100.-/ha). Ufficio federale dell'agricoltura (UFAG), Berna https://www4.ti.ch/fileadmin/DFE/DE-SA/finanziamenti/PD_2023/PD_2023_L_essenziale_in_breve.pdf (21.01.2025)

DLG-Ausschuss für Technik in der Pflanzenproduktion, Scheufler B., Uppenkamp N. (2017). Technik zur Ausbringung fester Mineräldünger. DLG-Merkblatt 410. https://www.dlg.org/fileadmin/downloads/Merkblaetter/dlg-merkblatt_410.pdf

Latsch A. und Kramer B. (2023). Ortsspezifische Düngung – etwas für die Praxis?, *UFA Revue* 12, <https://www.ufarevue.ch/pflanzenbau/ortsspezifische-duengung-etwas-fuer-die-praxis>

Lorenz F. und Münchhoff K. (2018). Teilflächenspezifische Bodenprobenahme und Düngung, DLG-Merkblatt 407, https://www.dlg.org/fileadmin/downloads/Merkblaetter/dlg-merkblatt_407.pdf

Petter G., Greiner L., Liebisch F., Schorro A. (2025). Mehrwert von Bodeninformationen für die Landwirtschaft: Teilflächenspezifische Stickstoffdüngung anhand von Bodenkarten. KOB-Merkblatt. BFH-HAFL, Zollikofen-Bern. <https://ccsols.ch/de/downloads/teilflaechenspezifische-stickstoffduengung-anhand-von-bodenkarten-merkblattreihe-mehrwert-von-bodeninformationen-fuer-die-landwirtschaft/>

Colophon

Editore	Agroscope Tänikon 1 8356 Ettenhausen 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.