

Stickstoff-Injektionsdüngung mit CULTAN

Autoren: Guenola Bernert, Frank Liebisch

Version: 1 / November 2023

CULTAN (Controlled Uptake Long-Term Ammonium Nutrition) ist eine Injektionsdüngung, die eine hochkonzentrierte Ammonium-Lösung in den Wurzelbereich der Pflanzen spritzt. Damit lässt sich die Nitratauswaschung verringern und die Effizienz der Stickstoffnutzung erhöhen.

Tabelle 1: Eckdaten der Massnahme

Anwendungsgebiet	Ackerbau, Gemüsebau, Grasland Insbesondere für Gebiete, in denen die Stickstoff(N)-Auswaschung ins Grundwasser reduziert werden muss oder die N-Düngung aus anderen Gründen limitiert ist
Umsetzungsebene	Landwirte, landwirtschaftliche Dienstleister, Beratung
Wirkungsebene	Feld
Wirtschaftlichkeit	Schwankt von «wirtschaftlich» (d. h. Δ monetäre Erträge > Δ Kosten) bei optimaler Umsetzung bis zu «hat keinen Effekt auf die Wirtschaftlichkeit».
Wirkungsziel	Massnahme steigert die N-Nutzungseffizienz
Unterkategorie Wirkungsziel	Massnahme reduziert den Nitrat-Verlust
Wirkungszeitraum	Kurz- bis mittelfristig (2–5 Jahre)
Wirkung/Reduktionspotenzial	Reduktionspotenzial (Gesamtschweiz): aktuell gering < 100 t N, kann aber bei konsequenter Anwendung in vielen Kulturen auf ein Vielfaches gesteigert werden

Wirkungsprinzip

Beim CULTAN-Verfahren wird Stickstoff (N) in Form einer hochkonzentrierten Ammoniumdüngerlösung mit niedrigem pH-Wert (< 5.5) bei Vegetationsbeginn in den Wurzelbereich der Pflanzen gespritzt und bildet dort ein sogenanntes Depot (Abb. 1). Ammonium (NH_4^+) wird im Gegensatz zu Nitrat (NO_3^-), das bei der herkömmlichen Düngung dominiert, weniger ausgewaschen.

Die hohe Ammoniumkonzentration und der niedrige pH-Wert im CULTAN-Depot sollen zu einer fortschreitenden Nitrifikation des Depots und damit zu einer besseren Synchronisation zwischen N-Bedarf der Pflanzen und der N-Verfügbarkeit im Boden führen. Ausserdem ist die Ammoniumernährung von Pflanzen oft physiologisch vorteilhafter, was sich in besserer N-Aufnahme und erhöhter Standfestigkeit der Pflanzen zeigt. Das Verfahren soll somit die Effizienz der Nutzung von Dünger-N erhöhen und die häufig einhergehenden N-Verluste reduzieren, während das Ertragsniveau erhalten bleibt oder sogar leicht gesteigert werden kann.



Vorteile/Synergien

- Tendenziell höhere N Effizienz und geringere N-Auswaschung mit gleichem oder leicht höherem Ertragsniveau
- Bei Mehrfachdüngung kann in der Regel mindestens eine N-Gabe pro Kultur eingespart werden (Arbeits- und Kostenersparnis) und potenziell die N-Gesamtdüngung reduziert werden.
- Die CULTAN-Lösung kann aus recyceltem Ammonium aus Kläranlagen, aus Gülle oder Gärresten hergestellt werden.

Nachteile/Limitierungen/Zielkonflikte

- Die Ausbringung erfordert Anpassungen im Bereich der Logistik: Injektionsausrüstung, LKW-Transport von grossen Mengen an Düngerlösungen und ggf. temporäre Lagerung vor Ort.
- Die Düngung muss entweder durch einen Dienstleister durchgeführt werden oder benötigt die Investition in Applikationstechnik.
- CULTAN könnte auch andere N-Verlustflüsse, einschliesslich N₂O und N₂, beeinflussen. Dies ist aber noch wenig erforscht.

Interaktionen

CULTAN kann für alle Formen der Landwirtschaft (biologische, integrierte oder konventionelle Produktion) eingesetzt werden und ist besonders für die Direktsaat sowie für den Acker- und Futterbau geeignet. Ausserdem stellt CULTAN eine interessante Möglichkeit zur Wiederverwertung von recyceltem Ammonium aus zum Beispiel Kläranlagen, Gülle, oder Gärresten dar. Die ammoniumdominierte Ernährung im Bodendepot von Kulturpflanzen wirkt sich oft positiv auf die Standfestigkeit der Kulturen aus und erlaubt gegebenenfalls die Einsparung von Pflanzenschutzmitteln.

Umsetzung: Aufwand/Ablauf/Anwendung/Durchführbarkeit

In der Schweiz wird die Anwendung von CULTAN von einigen Dienstleistern durchgeführt, die Maschinen mit spezifischer Breite und Injektionstiefe angepasst an Getreide, Grünland, Sonnenblumen, Mais und Zuckerrüben verwenden. Insbesondere für eine begrenzte oder erstmalige Nutzung von CULTAN erscheint es sinnvoll, sich auf solche Dienstleister zu stützen.

Eine der Herausforderungen von CULTAN ist der Transport von flüssigem Dünger und dessen temporäre Lagerung vor Ort. Zudem ist darauf zu achten, dass die Zusammensetzung der Düngelösung den Anforderungen entspricht.

Voraussetzungen/Bedingungen

- Für CULTAN sollte eine Ammonium-Sulfat-Lösung (8 % / 9 %) oder eine Harnstoff-Ammonium-Sulfat-Lösung (15 % / 7 %) mit pH unter 5.5 verwendet werden. Eine Harnstoff-Ammoniumnitrat-Lösung ist nur bedingt geeignet. Der Nitratanteil sollte 25 % nicht übersteigen.
- Die Platzierung der CULTAN-Injektion (Tiefe, Punkt- oder Liniendepot) sollte an die jeweilige Kultur bzw. das Anbausystem angepasst werden.
- Der Zeitpunkt der Ausbringung muss sowohl an die Phänologie und Aufnahmedynamik der Kultur als auch an die pedo-klimatischen Bedingungen angepasst werden.

Bewertungen

Wirtschaftlichkeit

Die Wirtschaftlichkeit wird im Folgenden qualitativ bewertet, weil diese Frage noch nicht im Detail untersucht wurde. Da keine Reduktion des Naturalertrags zu erwarten ist, sind die monetären Erträge gleichbleibend oder sogar leicht höher, sofern eine Steigerung der Naturalerträge bzw. eine höhere Naturalertragsstabilität erwirtschaftet wird. Einbussen bei der Qualität sind nur bei unsachgemässer Anwendung möglich. Vorleistungen treten durch den Kauf der Düngerlösung im Gegensatz zu granuliertem N-Dünger auf. Die Preise für flüssigen Ammoniumdünger schwanken in einer ähnlichen Grössenordnung wie bei granulierten Produkten und hängen auch von der lokalen Verfügbarkeit ab. Bei reduzierter Dünger-N-Zufuhr sind aufgrund der besseren Stickstoffeffizienz sogar Einsparungen möglich.

Die verbundenen Kapitalkosten liegen vor allem in der Injektions- und Lagertechnik. Auch hier dürften die Kosten in einer ähnlichen Grössenordnung wie für übliche Streuverfahren liegen, so dass bei konsequenter Anwendung nicht mit Mehrkosten gerechnet werden muss. Allerdings stellt eine Parallelanwendung bei der Technologie ein Mehraufwand dar, der nur bei relativ grossen Betrieben wirtschaftlich sein kann. Für kleinere Betriebe wäre eher das Modell der Auslagerung der Düngung an einen auf CULTAN spezialisierten Lohnunternehmer relevant. Hier kann wieder davon ausgegangen werden, dass die Kosten für eine CULTAN-Düngung durch den Lohnunternehmer mit anderen Techniken vergleichbar sind. Durch die reduzierte Anzahl von nötigen Ausbringungsschritten (mindestens eine Anwendung weniger) kann allenfalls mit einer Reduktion der Arbeitskosten gerechnet werden.

Insgesamt kann man davon ausgehen, dass das CULTAN-Verfahren keine Veränderung der Wirtschaftlichkeit der Düngung zur Folge hat, d. h. Δ monetäre Erträge = Δ Kosten, oder dass es sogar als wirtschaftlich eingestuft werden kann, sich also ein Gewinn erwirtschaften lässt, d.h. Δ monetäre Erträge > Δ Kosten.

Reduktionspotenzial

Eine 12-jährige Lysimeterstudie und eine 3-jährige Feldstudie zeigten einen konsistenten Trend zu einer höheren N-Nutzungseffizienz von +8 % bis +18 % im Vergleich zur konventionellen, oberirdisch ausgebrachten Düngung. Unter CULTAN in der Lysimeterstudie war die N-Auswaschung über alle Kulturen und Jahre 38 % tiefer als bei konventioneller Düngung. CULTAN wirkte sich dabei nicht negativ auf die Erträge aus (Bernert et al., 2023).

Das Potenzial für eine Reduktion der N-Auswaschung hängt stark von der Anwendung bzw. Umsetzung von CULTAN ab. Würde die Methode bei etwa 15 % des Getreideanbaus der Schweiz eingesetzt, würden schätzungsweise etwa 50 t N weniger ausgewaschen werden.

Berechnung: Die gesamte N-Auswaschung in die Gewässer in der Schweiz beträgt 34 000 t N (Heldstab et al., 2013). 20 % davon sind auf mineralischen Dünger-N zurückzuführen (BFS, 2023), wovon 13 % auf der Getreideanbaufläche ausgebracht werden. 15 % davon können durch CULTAN einfach ersetzt werden, was die N-Auswaschung um 38% reduzieren würde (Bernert et al., 2023). $34\,000\text{ t N} \cdot 0,2 \cdot 0,13 \cdot 0,15 \cdot 0,38 = 50\text{ t N}$.

Eine weitere Schätzung basierend auf einer Düngebedarfsreduzierung im Getreide um 10 kg N/ha durch CULTAN auf 13 % der Getreideanbaufläche würde etwa 180 t N ergeben. In anderen Kulturen, z.B. Raps, Mais und Grünland, liessen sich ebenso Verluste reduzieren, womit das gesamthafte Reduktionspotenzial um ein Vielfaches gesteigert würde. Die Massnahme kann also als eine wichtige Begleitmassnahme im Kontext der Verlustreduktion gesehen werden, die insbesondere in Gebieten mit hohem Risiko für Auswaschungen zielführend ist.

Erfolgs-/Qualitätskriterien

Die CULTAN-Anwendung ist erfolgreich, wenn gleiche Erträge oft verbunden mit höheren Sekundärerträgen (z.B. Stroh) bei gleichem oder geringerem N-Input erwirtschaftet werden. In manchen Fällen sind auch Ertragssteigerungen bei gleichem N-Input möglich. Die Nutzung bzw. Effizienz des Dünger-N wird daher erhöht und der N-Verlust gleichzeitig reduziert.

Stakeholder-Perspektiven

In der Schweiz werden heute jährlich rund 420 ha mit CULTAN gedüngt. Die heutigen Anwenderinnen und Anwender berichten von Einsparungen von bis zu 250 CHF pro ha, da sie bei ähnlichen Erträgen 30 % weniger N-Dünger anwenden (basierend auf einem N-Input von 140 N kg/ha und reduzierten Überfahrten).

Einige Landwirte gaben an, dass die Haupteintrittsbarriere für die CULTAN-Anwendung mit der Logistik zusammenhängt. Weitere Bedenken werden hinsichtlich der Flexibilität der Nutzung, der Kosten und der Geschwindigkeit der Anwendung geäussert.

Fazit

- Aufgrund der geringeren N-Auswaschung und in Anbetracht der Möglichkeit zur Wiederverwertung von Ammonium aus Abwässern und anderen organischen N-Quellen bietet sich CULTAN als ergänzende Massnahme insbesondere für Gebiete an, in denen die N-Auswaschung ins Grundwasser reduziert werden muss, oder die N-Düngung aus anderen Gründen limitiert ist.
- Der Zeitpunkt und das Vorgehen der CULTAN-Düngung sollten an die Pflanzenentwicklung und die Bedingungen von Boden und Klima angepasst werden.
- Ein Übergang zu CULTAN ist mit betrieblichen Anpassungen verbunden und muss entweder von einem Dienstleister organisiert werden oder erfordert Anfangsinvestitionen in die Applikationstechnologie.

Weitere Informationen

Enthalten in...

Frick H., Bischoff W.-A., Liebisch F. (2023). Massnahmen zur Reduktion der Nitratauswaschung ins Grundwasser: Regionalisierter Massnahmenkatalog für das Nitratprojekt Niederbipp-Gäu-Olten (SO & BE). Agroscope Science 147, 1–134. <https://doi.org/10.34776/as147g>

Osterburg B., Rühling I., Runge T. et al. (2007). Kosteneffiziente Massnahmenkombinationen nach Wasserrahmenrichtlinie zur Nitratreduktion in der Landwirtschaft. https://literatur.thuenen.de/digbib_extern/bitv/dk038383.pdf

Frick H., Bischoff W.-A., Schleicher S., Liebisch F. (2022). Das Nitratprojekt Niederbipp-Gäu-Olten im Vergleich: Gebietsübersicht und Massnahmen. Kap. II.2: Vergleichsgebiete in Deutschland: SchALVO am Beispiel der WSG Grünbachgruppe. S. 58–67. <https://ira.agroscope.ch/de-CH/publication/53855>

Literatur

- Bernert G., Spiess E., Liebisch F. (2023). CULTAN-Düngung reduziert die N-Auswaschung bei gleichbleibendem Ertrag. Agrarforschung Schweiz 14, 207–213. <https://doi.org/10.34776/afs14-207g>
- BFS (2023). Stickstoffbilanz der Landwirtschaft. Bundesamt für Statistik, Neuenburg. BFS-Nummer: je-d-07.02.05.01 und gr-f-07.06.02.03.03.
- Heldstab J., Leippert F., Biedermann R., Schwank O. (2013). Stickstoffflüsse in der Schweiz 2020. Stoffflussanalyse und Entwicklungen. Bundesamt für Umwelt, Bern. Umwelt-Wissen Nr. 1309, 107 S. <http://www.bafu.admin.ch/uw-1309-d>
- Schwarz A., Bischoff W., Maier J., Müller-Sämman K. (2011). CULTAN-Düngung und Grundwasserschutz – Kann die Nitratauswaschung durch CULTAN-Düngung reduziert werden? Gewässergüte Fachberichte, Okt. 2011, 942–950.
- Sommer K., Scherer H. (2007). Source/Sink-Relationships in Plants as Depending on Ammonium as «CULTAN», Nitrate or Urea as Available Nitrogen Fertilisers. International Symposium «Sink-Source Relationships in Plants». Kaliningrad, Russia: ISHS Acta Horticulturae 835. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2009.835.6>



Abb. 1: Wurzelverdichtung rund um das CULTAN-Depot (Foto: Sommer, 2007).



Abb. 2: CULTAN-Düngungstechnik (Foto: Martin Häberli).

Impressum

Herausgeber	Agroscope Reckenholzstrasse 191 8046 Zürich www.agroscope.ch
Series Editor	Frank Liebisch
Download	www.agroscope.ch/naehrstoffverluste
Copyright	© Agroscope 2023

Haftungsausschluss

Agroscope schliesst jede Haftung im Zusammenhang mit der Umsetzung der hier aufgeführten Informationen aus. Die aktuelle Schweizer Rechtsprechung ist anwendbar.
