



Radinjektor mit Traktor und Düngertank.

Cultan-Düngetechnik praxisreif

Ökologisch, kostengünstig, ertrags- und qualitätswirksam: Für die N-Versorgung steht neuerdings ein Flüssigdünger zur Verfügung, der im Sinne der Depotdüngung (Cultan) appliziert werden kann. Umfangreiche Forschungs- und Entwicklungsarbeit wurden unter anderen von der MERITEC GmbH in Gunterhausen TG und der Briner AG in Hagenbuch ZH geleistet. Die technischen Voraussetzungen für die praktische Applikation der Flüssigdüngung bietet nun das Lohnunternehmen von Peter Briner an.

Ernst Spiess, Urs Meier

Cultan steht für Controlled Uptake Long Term Ammonium Nutrition und heisst sinngemäss: langfristig geregelte Ammoniumernährung. Die Stickstoff-Versorgung beruht auf der Depotdüngung von Ammoniumstickstoff. In Frage kommen überwiegend Flüssigdünger, die bei Kulturen mit grösseren Reihenabständen (Mais, Kartoffeln, Zuckerrüben) linienförmig mit Sechinjektoren oder bei Raps, Getreide und Grünland punktförmig mit Radinjektoren in den Boden appliziert werden. Um das ganze Potenzial des Systems nutzen zu können, ist bei

Ernst Spiess, Lommis TG, und Urs Meier, MERITEC GmbH, Gunterhausen TG

Verzicht auf Nitratgaben eine gezielte Strohdüngung sowie der Miteinbezug der Vor- und Nachkulturen eine wichtige Voraussetzung.

Ammonium ist im Gegensatz zu Nitrat sorptionsfähig, es lagert sich an die Bodenteile an und wird nicht ausgewaschen. Als Depot wirkt das Ammonium im Zentrum hemmend für Pflanzenwurzeln und Mikroorganismen. Es ist deshalb relativ stabil, so dass die Wurzelspitzen das Düngerdepot nur langsam bzw. bedarfsgerecht von aussen her erschliessen. Die Wirkung ist im Gegensatz zu Nitratdüngern lang anhaltend, der N-Bedarf der Pflanze kann in der Regel aus dem Depot über die ganze Periode der N-Aufnahme abgedeckt werden (Abb. 2). Von Bedeutung ist diesbezüglich der optimale Anwendungszeitpunkt; der zeitliche Spielraum ist hier kleiner als bei der Nitratdüngung.

Fakten zur Cultan-Düngung

- Das Cultan-Depot beansprucht weniger als 5% des Volumens im Oberboden. Relativ wenige Wurzeln einer Pflanze nehmen das Ammonium – unabhängig vom **Wassergehalt des Bodens** – von aussen her auf. Folge: verbesserte **Trockenresistenz**. Die **Wurzelmasse** wird beim Cultan stärker ausgebildet.
- Durch die Lage des Ammoniumdepots ist der Stickstoff für die Kulturpflanzen mindestens in ihrer Anfangsentwicklung leichter erreichbar als für aufkeimende **Unkräuter**. Die **Bodenorganismen** werden dabei nicht beeinträchtigt.
- Das Ammoniumdepot wird von der Bodensubstanz adsorbiert und verhält sich dadurch relativ stabil. Eine **Auswaschung oder gasförmige Verluste** wie beim Nitrat können kaum stattfinden.
- Im Gegensatz zur Nitratdüngung entsteht bei der Ammoniumdepotdüngung

gung ein Gegenstromprinzip der **Nähr-lösungen** von den Wurzeln zu den Blättern und umgekehrt, welches sich allgemein positiv auf die Entwicklung der Pflanze auswirkt.

- Die Ammoniumaufnahme durch die Pflanzenwurzeln erfolgt kontrolliert je nach der momentanen Leistungsfähigkeit der Blattmasse. Ein gegenseitig hoher Bedarf an Nährstoffen in Wurzeln und Blättern führt zu intensivem **Wachstum** ohne übermässige Anlagerung von **Nitrat in den Blättern und Wurzel-früchten**. Die Pflanzen sind demzufolge weniger krankheitsanfällig und die Nitratrückstände in den Produkten bedeutend geringer.

- Ammonium im Depot hat nur einen geringen Einfluss auf die **Umsetzung von Ernterückständen**. Die Bindung des Stickstoffes durch Algenwachstum nahe der Bodenoberfläche bei der Nitratdüngung wird verhindert. Trotzdem kann sich die Kulturpflanze ausreichend mit Stickstoff aus dem Ammoniumdepot versorgen.

- Ernterückstände wie Stroh bleiben beim Cultan länger erhalten und stehen insbesondere den **Regenwürmern** als Nahrungsquelle zur Verfügung. Die **Vermehrung der Mikrolebewesen** wird dadurch gefördert mit positiven Auswirkungen auf die Bodenstruktur und die Infiltration von Niederschlägen. Nitratdüngergaben zur Förderung der Umsetzung organischer Substanz passen folglich nicht in das Cultan-Konzept.

- **Spurenelemente und Wirkstoffe** lassen sich allenfalls an das Cultan an-koppeln. Die Substanzen werden zu diesem Zweck der Cultan-Lösung hinzugefügt und im gleichen Arbeitsgang appliziert. Versuche zeigen nebst Arbeitseinsparung auch verbesserte Wirkungsgrade.

- In **pfluglosen Anbausystemen und Minimalbearbeitung** wird bei Verzicht auf Gründünger und Nitratgaben das Cultan-Depot unterhalb der Mulch-schicht bzw. unter den Bearbeitungshorizont platziert. Die Ernterückstände werden dadurch den Regenwürmern als Nahrungsquelle und den Bodenpilzen als Substrat erhalten, was sich vor allem auf die Bodenstruktur und Wasserinfiltration vorteilhaft auswirkt. Die Anreicherung von Phosphat wird hauptsächlich auf die Mulchschicht beschränkt und ist dort leichter pflanzenverfügbar als bei einer Anreicherung in der gesamten Ackerkrume mit Bindung an die Bodenteile.

Positive Erfahrungen im In- und Ausland

Kartoffeln und Zuckerrüben: Auch in der Schweiz zeigte das Cultan bei Kartoffeln und Zuckerrüben vor allem im Vergleich zur breitwürfigen Kalkammoniumsulfat-Düngung (KAS) in keinem Fall Nachteile, bei mehreren Versuchen jedoch deutliche Vorteile beim Knollen- und Rübenantrag. In einer anderen Versuchsreihe stellten sich beim Cultan Ertragsvorteile nur bei entzugsentspre-

chenden und leicht reduzierten N-Gaben ein, bei einer über dem Entzug liegenden N-Gabe fielen die Erträge gleich aus. In mehreren Versuchen brachte das Cultan bei geringeren N-Gaben als bei der KAS-Düngung mittlere bis gute Knollenerträge und Stärkegehalte, dies vor allem auch in Trockenjahren. In anderen Fällen resultierten beim Cultan im Vergleich zu praxisüblichen Verfahren (vor allem Kalkammonsalpeter) etwa die gleichen Erträge bei allerdings geringeren Nitratgehalten in den Knollen. Bei hohen N-Gaben fielen die Stärkegehalte beim Cultan-Verfahren teilweise etwas geringer aus.

Getreide: Die Vergleiche bei Getreide zeigen beim Cultan zwar geringere Unterschiede als bei Kartoffeln, in keinem Versuch jedoch Ertrags- und Qualitätsnachteile im Vergleich mit KAS. Nebst gleichen oder tendenziell etwas höheren Erträgen und Qualitäten resultierten teils gesicherte Mehrerträge und signifikant höhere Rohproteingehalte. In Vergleichen mit stabilisierten Stickstoffdüngern (ENTEC), denen sog. Nitrifikationshemmer zugefügt werden, ergaben sich beim Cultan etwa gleich hohe Erträge. Die Injektion in den Boden wird etwas vorteilhafter beurteilt als ein Oberflächendepot mit der Schleppschlauchapplikation. Eine Versuchsreihe lässt den Schluss zu, dass bei Winterweizen und frühzeitiger Cultan-Behandlung auf eine N-Spättdüngung nicht verzichtet werden sollte.

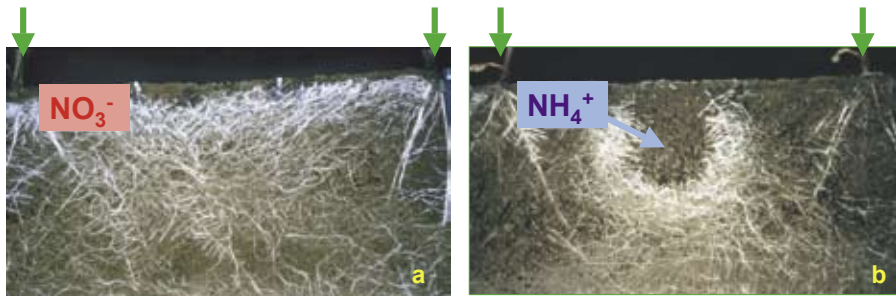


Injektortrad für die punktförmige Ammonium-Applikation bei Engreihenkulturen und Grünland. Die sternförmigen Injektornippel sind am Ende verschlossen. Der Flüssigkeitsaustritt erfolgt durch seitliche Öffnungen zum Zeitpunkt, in dem die Nippel in den Boden einstecken. Durch Pendelaufhängung und Federbelastung der Einzelaggregate wird eine gleichmässige Tiefenführung erreicht.



Die Membranpumpe und die Regelventile des Injektorgeträtes werden durch einen Mikroprozessor gesteuert. Die gewünschte Applikationsmenge kann so unabhängig von der Arbeitsgeschwindigkeit eingehalten werden. Die Schaummarkierung an den Radträgerenden ermöglicht bei allen Feldverhältnissen ein exaktes Anschlussfahren.

■ Feldtechnik



Wurzelbilder von zwei Maispflanzen (Pfeile) bei breitwürfiger Nitratdüngung (a) und Ammonium-Depotdüngung (b) (Quelle: ART-Bericht 657). N-Verluste werden durch die ausgeprägte Wurzelentwicklung um das Cultan-Depot und infolge der chemischen Stabilität des Ammoniums weitgehend ausgeschlossen.



Auch bei Grünland ist der Cultan-Effekt selbst bei Trockenheit nach kurzer Zeit leicht zu erkennen: links keine N-Düngung, rechts Brinamon ca. 40 kgN/ha (Juni 07, Rickenbach-Attikon ZH).

Ökologische Aspekte

Bei der ökologischen Beurteilung des Cultans steht vor allem der Gemüsebau im Vordergrund. Höchste **Nitrat-Auswaschungswerte** wurden hier infolge der vergleichsweise geringen Durchwurzelungstiefe festgestellt. Beim Cultan lag die Auswaschungsrate vor allem im Frühjahr um etwa einen Drittel tiefer als bei der KAS-Düngung; mehrfach wurden dabei beim Cultan auch viel geringere **Nitratgehalte im Gemüse** ermittelt. Hohe Auswaschungsraten in den Wintermonaten lassen sich selbst mit der Cultan-Düngung nicht verhindern. Auch bei Kartoffeln wird die Verminderung der Auswaschung durch die Ammonium-Depotdüngung zur KAS-Düngung um etwa einen Drittel ausgewiesen. Dies deckt sich mit der Feststellung, dass die N-Wirkungsgrade für die KAS-Düngung bei 60 bis 70% und bei Cultan zwischen 90 und 95% liegen.

Von mehreren deutschen Institutionen wurde die Cultan-Düngung zur **Sanierung von stark nitratbelasteten Grundwasservorkommen** in Betracht gezogen. Man geht davon aus, dass die Ammonium-Depotdüngung als nachhaltiges Düngeverfahren den **ökologischen Forderungen** (Trinkwasser-, Gewässer-, Atmosphären-, Boden- und Erosionsschutz) am nächsten kommt. Folgende Ziele werden als realistisch bezeichnet: bessere N-Ausnutzung, reduzierte Ammoniakverluste, geringere N-Auswaschung und geringere N-Abschwemmung in Oberflächen-gewässer.

Körnermais und Raps: Nicht so zahlreich sind die Versuchserfahrungen mit Cultan bisher bei Körnermais und Raps. Bei Körnermais resultierten im Vergleich zu KAS und ENTEC gleiche bis leicht höhere Erträge, dabei war die Injektion dem Schleppschlauchverfahren immer leicht überlegen. Geringfügige Unterschiede, jedoch keine Ertragsnachteile zeigten Rapsversuche mit Cultan und herkömmlicher Düngung. Die Protein- und Glycosinolatgehalte fielen beim Cultan etwas höher, die Ölgehalte jedoch etwas tiefer aus. Gewisse Vorteile des Cultans zeigten sich hinsichtlich Pflanzengesundheit bei Raps.

Futterbau: Erfahrungen aus exakten Versuchen mit Cultan bei Grünland bzw. im Futterbau liegen bisher kaum vor. Eine erste praktische Erprobung 2007 in Rickenbach-Attikon ZH auf gräserreichen Wiesen und Weiden zeigte eine überraschend schnelle und intensive Wirkung auch bei Trockenheit (Abb. 5). Die Punktinjektion liess dabei keinerlei Beschädigung der Grasnarbe erkennen.

Dosierung etwas geringer als bei Nitrat

Grundsätzlich wird auch die N-Dosierung beim Cultan nach dem voraussichtlichen Entzug der Kulturpflanze und dem N-min-Vorrat im Boden gerichtet. Mit einer zur Nitratdüngung etwas reduzierten Düngergabe (–10 bis 20%) wird den verminderten Verlusten beim Cultan Rechnung getragen und eine möglicherweise zu hohe N-Bereitstellung vermieden.

Anwendungszeitpunkt von Kultur und Applikationstechnik abhängig

Getreide: Auch bei Getreide erfolgt die N-Versorgung beim Cultan durch

eine möglichst nur einmalige Depotanlage. In Abstimmung auf die mittlere Wurzellänge werden die Abstände der Injektorräder auf 25 bis 30 cm und die Abstände der Kugeldepots in der Reihe auf 15 bis 20 cm bei einer Einstechtiefe von 5 bis 10 cm gehalten. Der optimale Anwendungszeitpunkt zeigt sich gegen Ende der Bestockung, wenn der N-Mangel deutlich wird. Falls bei Winterweizen in diesem Stadium bei der Applikation nicht mit Fahrgassen gearbeitet werden kann, besteht die Gefahr, dass die Pflanzen im Spurbereich nachhaltig beschädigt werden. In diesem Fall und auch in rauen Lagen sowie bei Wintergerste (bereits im Herbst bestockt, frühzeitig hoher N-Bedarf) wird die Ausbringung mit Vorteil auf den Beginn der Vegetationszeit vorgesehen. Insbesondere bei frühzeitiger Cultan-Düngung kann ein möglicherweise vorzeitiger Abbau des Ammoniumdepots durch eine herkömmliche N-Spätgabe ausgeglichen werden.

Mais und Zuckerrüben: Mit Blick auf die relativ lange Vegetationsdauer von Mais und Zuckerrüben und die zeitlich beschränkte Haltbarkeit des Ammoniumdepots wird nach einer N-Startergabe zur Saat, die linien- (zwischen jede zweite Saatreihe) oder punktförmige Depotdüngung im 3-Blattstadium bei Mais und 5-Blattstadium bei Zuckerrüben in 10 bis 15 cm Bodentiefe ausgeführt. Bei der Punktinjektion sind die Abstände der Injektionsräder allenfalls entsprechend anzupassen, um das Volumen des Ammoniumdepots im Boden möglichst klein zu halten.

Raps und Grünland: Für Raps und Grünland eignet sich am besten die Punktinjektion bei gleicher Geräteaus-rüstung wie für Getreide. Die Ausbringung in einer Gabe erfolgt zu Beginn der Vegetationszeit im Frühjahr. Um auch

bei überentwickelten Rapsbeständen hohe Schotendichten bzw. Kornerträge zu erzielen, hat es sich beim Cultan-Verfahren bewährt, die Pflanzen Ende Dezember/Anfang Januar nicht zu tief (über Vegetationskegel) abzuschlegeln. Um standort- und sortenbedingte Risiken auszuschliessen, ist diesbezüglich anfänglich eine kleinflächige Erprobung zu empfehlen.

Spurenelemente passen ins Ammoniumdepot

Bei Spurenelementmangel empfiehlt es sich, die entsprechenden leichtlöslichen Salze der Cultan-Lösung (darf in diesem Falle kein Phosphat enthalten) je nach Bedarf direkt beizufügen. Es sind dies im Wesentlichen: Kupfersulfat, Mangansulfat, Zinksulfat, Eisensulfat und Borsäure. Die Spurenelemente werden zusammen mit dem Ammonium durch die Wurzeln effizient und bedarfsgerecht aufgenommen.

«Brinamon»: Stickstoff durch Recycling

Für das Cultan werden vor allem synthetische Flüssigdünger, wie HAS-Lösungen (Harnstoff-Ammonsulfat), AH-Lösungen (Ammoniumnitrat-Harnstoff) und DAP-Lösungen (Diammoniumphosphat) eingesetzt.

Da Harnstoff allein zu einer unkontrollierten bzw. pflanzenschädigenden Aufnahme (schwache Ausbildung der Zellwände) führt, sollten in der Lösung mindestens 25% des Gesamt-N durch Ammonium-N abgedeckt sein. Herkömmliche Gülle scheidet aufgrund des niedrigen N-Gehaltes bzw. der hohen Flüssigkeitsmenge und dem damit verbundenen Verfliessen des Düngerdepots für das Cultan aus. Geeignet ist Gülle aber durchaus, wenn der N-Gehalt mit Ammoniumsulfat und/oder Harnstoff angereichert oder durch Membrantrennung aufkonzentriert wird. Allerdings ist die erste Variante nicht für den Bioanbau zulässig. Zudem kann mittels der Anreicherung nur relativ wenig Gülle umgesetzt werden. Die N-Versorgung durch Ammonium weist schliesslich interessante Potenziale hinsichtlich einer sinnvollen, umweltgerechten Verwertung von Recyclingprodukten auf. So werden zum Beispiel bei der Abwasserreinigung grosse Mengen von ammoniumhaltigem Faul- und Presswasser durch Denitrifikation behandelt ohne

«Brinamon»

Ammoniumlösungen waren bisher in der Schweiz relativ kostspielig und nicht ohne weiteres erhältlich. Neuerdings steht nun ein hierzulande produzierter Cultan-Recyclingdünger unter der Markenbezeichnung «Brinamon» mit 8.5% Ammoniumstickstoff zur Verfügung. Der Hersteller kann den vergleichsweise preisgünstigen Flüssigdünger direkt auf den Hof anliefern oder mit Radinjektoren vor allem bei Getreide, Raps, Mais und Grünland zum optimalen Zeitpunkt vor Ort in den Boden applizieren. Die Umsetzung der Cultan-Technik wird damit auch in der Schweiz realistisch, dies zu einem Zeitpunkt massiv steigender Preise für Handelsdünger.

- 39% Ammonsulfatlösung, Dichte 1.22
 - Gewinnung aus Abwasser, Gülle oder Gärreste durch Ammoniakstrippung
 - Zulassung bzw. Bewilligung durch Bundesamt für Landwirtschaft erteilt
 - für Getreide, Mais, Zuckerrüben, Raps, Kartoffeln, Wiesen, Weiden und Gemüsebau
 - Richtpreis für 100 l Lösung ca. Fr./hl 20.–*
 - Feldausbringung mit Radinjektor ca. Fr./ha 150.–*
- *je nach Liefermenge, Anfahrweg und Fläche

Herstellung, Beratung, Lieferung und Ausbringung mit Radinjektor:
Peter Briner AG, Hagenbuch ZH, Tel. 052 366 17 60, www.pe-briner.ch

Weitere eingehende Informationen zu Cultan in ART-Berichte Nr. 657
www.art.admin.ch

Recycling des in die Luft abgegebenen Stickstoffs. Mit der Ammoniakstrippung lässt sich aus Abwasser, Gülle oder Gärsubstrat Ammoniumsulfat bereitstellen. Das Verfahren besteht aus zwei Stufen. Im ersten Schritt wird das im Abwasser enthaltene Ammonium als Ammoniak in

die Gasphase überführt. In der zweiten Stufe wird der Ammoniak aus dem Luftstrom ausgewaschen und mittels Säurezugabe als Ammoniumsulfat gebunden. Mit Brinamon (siehe Kasten) wird in der Schweiz erstmals ein solcher flüssiger Recyclingdünger bereitgestellt. ■



Sie haben die Cultan-Düngung mit «Brinamon» und Punktinjektion in die Praxis umgesetzt: (v.l.): Urs Meier, MERITEC GmbH Guntershausen, Walter Kleiner, Landmaschinen, Dinhard, und Peter Briner, Farmerprodukte und Dienstleistungen, Hagenbuch.



Ammoniakstrippanlage für die Herstellung von Ammoniumsulfatlösung (Brinamon). Das aus einem Fabrikationsprozess anfallende Ammonium wird im Luftstrom als Ammoniak ausgetrieben und im nachfolgenden Prozess ausgewaschen und an Säure gebunden.