

Produktionstechnik auf Injektionsdüngung anpassen

Cultan-Verfahren zu Winterweizen – Erfahrungen aus Baden-Württemberg

Zunehmend wird in landwirtschaftlichen Fachkreisen die sogenannten „CULTAN“-Düngung, meist mit mineralischen N-Düngern zu Getreide, diskutiert. Die Bezeichnung „CULTAN“ steht für die Abkürzung des englischen Begriffs „Controlled Uptake Long Term Ammonium Nutrition“ und kann als geregelte, möglichst lang andauernde Ernährung der Pflanzen mit Ammonium- (NH₄⁺)-N übersetzt werden. Über Versuchsergebnisse aus Baden-Württemberg berichtet Dr. Markus Mokry von der LTZ Augustenberg.



Beim Cultan-Verfahren werden nitratfreie oder nitratarme Ammonium-Lösungen mit speziellen Geräten (zum Beispiel mit Sternradtechnik) direkt in den Boden zwischen die Pflanzenreihen injiziert. Foto: agrar-press

Beim Cultan-Verfahren werden zur Stickstoffdüngung nitratfreie oder nitratarme Ammonium- (Harnstoff)-Lösungen mit speziellen Geräten (zum Beispiel mit Sternradtechnik) direkt in den Boden zwischen die Pflanzenreihen in Wurzelnähe injiziert. An den Injektionsstellen bilden sich Stickstoffdepots, die bei korrekter Bemesung den Düngebedarf für das zu erwartende Pflanzenwachstum abdecken und zur Ernte vollständig aufgebraucht sind. Die hohe Ammoniumkonzentration macht die Depots gegen mikrobielle Umsetzungen (Nitrifikation und Denitrifikation) über mehrere Wochen stabil.

Stickstoffdepot hat einige Vorteile

Dadurch wird Ammonium-N nicht oder erst allmählich zu Nitrat-N umgewandelt. Auf diese Weise entsteht im Boden – insbesondere zu Vegetationsbeginn oder bei Kulturen mit später N-Aufnahme wie beispielsweise Mais

– weniger auswaschungsgefährdeter Nitrat-Stickstoff sowie möglicherweise weniger Lachgas (N₂O). Ein weiterer Vorteil ist, dass die gesamte N-Menge zu einem späteren Entwicklungsstadium (beispielsweise bei Winterweizen in EC 29 bis 30/31) in einer Gabe erfolgen kann. Dies kann

Arbeitsspitzen brechen und den Arbeitsaufwand sowie mögliche Bodenbelastungen reduzieren.

Wird ein nitrathaltiger Dünger verwendet, ist es fachlich korrekter, von einer Depotdüngung zu sprechen, unabhängig davon, ob ein Depot an der Bodenoberfläche oder im Boden (Punkt- oder Bandinjektion) angelegt wird. Die aus dem Maisanbau bekannte Unterfußdüngung – beispielsweise mit einem NP-Dünger – stellt letztendlich eine Form dieser Depotdüngung dar.

Ziele und Durchführung der Exakt-Feldversuche

Im vorliegenden Beitrag wird über mehrjährige Exakt-Feldversuche aus Baden-Württemberg berichtet, bei denen unter anderem folgende Fragen im Vordergrund standen:

- Welche Kornerträge und -qualitäten sind beim Systemvergleich „Depotdüngung“ mit Flüssigdüngern wie AHL beziehungsweise ASL im Vergleich mit einer praxisüblichen breitflächigen Düngung mit KAS zu erzielen?
- Wie sind hierbei unterschiedliche Verfahren zum Aufbau des Düngersdepots einzuordnen?
- Für welche Betriebe und Regionen könnten diese Verfahren eine Alternative sein?

Um diesen Fragen nachzugehen, wurden zur Aussaat von Winterweizen im Herbst 2008 an drei Versuchsstandorten (Kraichgau: tiefgründige Lößböden; nördlicher Oberrhein: tiefgründige tonige Lehme; Raum Hohenlohe: tonige, etwas flachgründige Böden aus Muschelkalk) Exaktfeldversuche angelegt. Die Versuchsböden selbst waren durchweg in gutem Kulturzustand mit günstiger Nährstoff-, Kalk- und Humusversorgung. Alle Flächen wurden bereits langjährig pfluglos bestellt.

Tabelle 1: Kenndaten der Versuchsstandorte (Beispiel: 2010/11)			
Versuchsstandort 2011	Hohenlohe	Kraichgau	Oberrhein
Bodenart	tL	uL	tL
Grundbodenbearbeitung	pfluglos	pfluglos	pfluglos
Vorfrucht	W. Raps	W. Raps	Hafer
Saattermin	Ende September	Anf. Oktober	Anf. Oktober
pH	7,3	7,4	7,3
Humus % TM	3,5	2,2	1,8
P ₂ O ₅ mg/100 g B.	19	18	31
K ₂ O mg/100 g B.	30	27	31
Mg mg/100 g B.	26	9	12
N _{min} (Veg. Beginn) (0-90 cm) kg/ha	6/6/5	8/3/5	6/9/10

Tabelle 2: Versuchsplan (N-Form, N-Aufteilung, Ausbringtechnik)

Variante	EC 21-25 (Veg. Beginn)	EC 29 - 30 (Ende Bestockung)	EC 30 - 32 (beginnende Aufhellungen)	Spätdüngung
1	ohne N-Düngung			
2	KAS (30 %)	KAS (40 %)	--	KAS (30 %)
3	--	--	AHL Injektion	--
4	--	--	AHL Schleppschauch	--
5	--	--	ASL Injektion	--
6	--	--	ASL Schleppschauch	--

KAS: Ausbringung: breitflächig mit Düngerstreuer mit der Aufteilung 30/40/30 % des Düngebedarfs;
 AHL & ASL: Flüssigdünger-Ausbringung: im Band oberflächlich mit Schleppschauch
 bzw. in 5 bis 10 cm injiziert

Die N_{\min} -Werte zu Vegetationsbeginn ermöglichten eine fachlich exakte Nährstoff- und Düngebedarfsermittlung. Das hierbei unterstellte Ertragsniveau orientierte sich am langjährigen Ertragsmittel bei mittleren Rohproteingehalten. Hierfür wurden im Mittel der Jahre 180 kg N/ha gedüngt (das Minimum lag hierbei bei 160 kg N/ha, das Maximum bei 195 kg N/ha).

Der Versuchsplan war für alle Versuchsstandorte bindend. Geprüft wur-

den die Faktoren Ausbringverfahren im Vergleich „Banddepot, oberflächlich“ und „Banddepot in den Boden injiziert“ (in jeder zweiten Saatreihe) sowie die Düngerform im Vergleich „Ammonium-Nitrat-Harnstofflösung“ (AHL: 28 Prozent Gesamt-N, davon 50 Prozent Amid-(Harnstoff-)N, und je 25 Prozent Ammonium- und Nitrat-N) als gängiger Flüssigdünger mit einer „Ammonium-Sulfat-Lösung“ (ASL: 8 Prozent Gesamt-N, 100 Prozent

Ammonium-N) als reiner Ammoniumdünger. Auf allen Parzellen wurden identische Schwefelmengen ausgebracht.

Besonderheiten bei der Ausbildung der Ertragsstruktur

Die Terminierung der N-Düngung der Depotvarianten erfolgte in Anlehnung an die Vorgaben des Cultan-Verfahrens spätestens im Stadium EC 30/31 (Bestockung abgeschlossen) oder bei sichtbarem N-Mangel in einer Gabe. Dies hatte zur Folge, dass den Pflanzen bis Ende der Bestockung ausschließlich das N-Angebot aus dem N_{\min} -Vorrat zu Vegetationsbeginn sowie der bodenbürtigen N-Nachlieferung zur Verfügung stand.

Die Konsequenz hieraus war, dass im Mittel der Versuchsjahre die Bestandesdichte bei den mit AHL gedüngten Varianten um etwa 5 Prozent und bei den mit ASL gedüngten Parzellen um bis zu 10 Prozent im Vergleich zur Kontrollvariante mit KAS-Düngung reduziert war. Um dem Rechnung zu tragen, wurden jährlich vor der Aussaat Weizensorten gewählt, die über eine



Die Cultan-Varianten wurden unter anderem mit einer AHL-Düngung mittels Schleppschläuchen verglichen.

Foto: Zilles

größere Kornzahl je Ähre dieses Defizit ausgleichen können (Kornarten). Entsprechend war im Mittel der Versuche die Kornzahl je Ähre in den Varianten mit ASL-Düngung um rund 10 Prozent (absolut 4 Körner/Ähre) beziehungsweise bei den mit AHL gedüngten Pflanzen um zirka 5 Prozent (absolut 2 Körner je Ähre) größer als bei der geteilten KAS-Düngung.

Fazit: Je später eine Düngungsmaßnahme insbesondere mit einem Ammoniumdünger geplant wird, umso wichtiger ist die Wahl einer Weizensorte, deren ertragsbildender Schwerpunkt auf der Kornzahl je Ähre und dem Tausendkorngewicht liegt. So ist gewährleistet, dass das für eine sortentypische Bestandesdichte erforderliche N-An-

gebot aus der Bodenreserve bei entsprechenden pflanzen- und ackerbaulichen Rahmenbedingungen ausreicht.

Kornertrag geringer, Rohproteingehalt höher

Für alle Ertrags- und Qualitätsergebnisse gilt, dass in den Einzeljahren beim Vergleich der Standorte die Unterschiede zwar deutlich, aber nur in wenigen Fällen statisch gesichert waren. Am stärksten beeinflusst wurden Kornertrag und Qualität vom Düngungssystem, gefolgt von der Düngerform.

Betrachtet man den Kornertrag und den jeweils korrespondierenden Rohproteingehalt, so fällt auf, dass das vor-

handene Ertragsdefizit von 2 Prozent bis 3 Prozent bei den Varianten mit ASL-Düngung insbesondere beim Injektionsverfahren über eine deutlich bessere Ausbildung des Rohproteingehaltes kompensiert wird. Der Rohproteinertrag je Hektar ist in diesen Fällen höher als der in der Variante mit KAS-Düngung, trotz zusätzlicher Spätdüngung.

Sollte zur Erzeugung von Qualitätsgetreide mit hohen Rohproteingehalten eine qualitätsbetonte Spätdüngung notwendig sein, so zeigen Praxisergebnisse, aber auch erste Versuche, dass diese ohne weiteres im System „Injektionsdepot mit Ammoniumdünger“ erfolgen kann. Zu beachten ist hierbei eine entsprechende Reduktion der ersten Gabe.

Sollte aus arbeitswirtschaftlichen Gründen eine Öffnung des Zeitfensters für eine Depotdüngung notwendig werden, ist diese nicht früher als in das Stadium EC 27/29 zu legen, um eine intensive Wurzelbildung des Pflanzenbestandes anzuregen, die für eine optimale Ammoniumernährung in der Folgezeit unabdingbar ist. Weitere Vorteile eines kräftigen Wurzelwerkes sind darüber hinaus im Falle längerer Trockenperioden im Zeitraum April/Mai zu sehen.

Eine Düngung mit AHL im „Oberflächendepot mit Schleppschlauch-Ausbringung“ hatte niedrigere Kornerträge erbracht. Dies könnte eine Folge von N-Verlusten kurz nach der Ausbringung der Düngerlösung gewesen sein; witterungsbedingt erfolgte diese in allen Versuchsjahren auf trockener und rissiger Bodenoberfläche. Ebenso ist vorstellbar, dass in Folge fehlender Niederschläge kurz nach der Düngung die N-Verfügbarkeit aus dem N-Depot an der Bodenoberfläche, trotz hohen Anteils an löslichen N-Verbindungen, langsamer, die N-Versorgung aus dem Injektionsbereich – besonders mit ASL-Düngung – jedoch rascher und anhaltender war als bei der Schleppschlauchvariante.

Hierfür spricht auch die bessere Ausbildung der Kornzahl je Ähre bei ASL-Düngung in Kombination mit der Injektionstechnik. Die Ausbildung der Tausendkornmasse wurde weder über die Düngerform, noch vom Düngungssystem maßgeblich beeinflusst. Hier sind die genetischen Vorgaben der verwendeten Sorte von größerem Einfluss.

Fazit: Trotz verringerter Bestandesdichte erzielten die Varianten mit Depotdüngung insbesondere bei Anlage eines Ammonium-Depots ähnlich hohe Kornerträge bei vergleichbarer oder besserer Kornqualität wie die Kontrolle mit KAS-Düngung. Da dies ohne

Tabelle 3: Kornertrag (dt/ha) und Kornqualität im Mittel von 3 Versuchsjahren und 3 Standorten

Variante	Kornertrag		Rohprotein		TKM	
	dt/ha 86 % TM	rel. z. Var. 2	% TM	rel. z. Var. 2	g	rel. z. Var. 2
1	53,5		9,3		46,8	
2	84,2		13,1		47,2	
3	84,2	100	12,9	99	45,7	97
4	80,8	96	12,9	99	46,7	99
5	82,9	98	13,5	103	45,3	96
6	82,0	97	12,8	97	46,6	99

Tabelle 4: N-Salden und N-Effizienz im Mittel von drei Versuchsjahren und drei Standorten

Variante	N-Saldo		N-Effizienz %	Nmin (n. Ernte) kg/ha
	kg/ha	rel. zu Var. 2		
1	-76			16
2	10		52	32
3	13	35	50	40
4	21	118	45	33
5	6	-37	54	34
6	17	80	47	34

N-Saldo = Differenz aus N-Abfuhr/Korn und N-Düngung; (netto) N-Effizienz: N-Ausnutzung abzgl. N-Nachlieferung

zusätzliche Spätdüngung der Fall war, kann unterstellt werden, dass das N-Angebot bis zur Abreife ausreichend war, aber auch die ertragsphysiologischen Vorteile einer Ammonium-betonten Ernährung zum Tragen gekommen sind.

Verbesserte Humusdynamik und weniger N-Verluste

Neben Kornertrag und Kornqualität spielen weitere Kenngrößen wie N-Saldo und Netto-N-Effizienz bei steigenden Düngerpreisen, aber auch im Rahmen kontrovers diskutierter Klimaeffekte einer N-Düngung, eine wichtige Rolle. Mit dem N-Saldo wird die Ausnutzung des gedüngten Stickstoffs ohne Berücksichtigung der N-Nachlieferung beschrieben. Möchte man jedoch eine Aussage über mögliche N-Verluste oder die am Standort vorherrschende N- beziehungsweise Humusdynamik treffen, gibt die sogenannten Netto-N-Effizienz die bessere Information.

Es zeigte sich, dass die Netto-N-Effizienz bei einer Injektion im Vergleich zur Schleppschlauchtechnik um etwa 5 bis 7 Prozent höher ist und um rund 2 Prozent bis 4 Prozent beim direkten Vergleich der Düngerformen ASL und AHL.

Der Vorteil gegenüber einer Aufteilung mit KAS ist kleiner, aber bei allen Kenngrößen erkennbar. Obwohl die rechnerisch ermittelten Zahlenwerte und die Bandbreite derselben für Getreide zunächst nicht überraschen, zeigen die Injektionsverfahren insbesondere mit reinem Ammoniumdünger eine in der Tendenz bessere Netto-N-Effizienz unter vergleichbaren Produktionsbedingungen. Dies sind Hinweise darauf, dass neben der Förderung der Humusdynamik auch weniger N-Verluste erfolgt sind. ■

Auf einen Blick



Die Depotdüngung mit mineralischen Düngern (optional reine Ammonium- beziehungsweise Ammonium-betonte Dünger) stellt eine interessante Variante in der landwirtschaftlichen Pflanzenproduktion dar. Zahlreiche Versuche und Untersuchungen hierzu belegen, dass Ertrag und Produktqualität mit den in der landwirtschaftlichen Praxis etablierten Düngerverfahren vergleichbar sind.

Entscheidend für den einzelnen landwirtschaftlichen Betrieb werden die vorhandene beziehungsweise überbetrieblich einsetzbare Ausbringtechnik (derzeit ausschließlich für Flüssigdünger vorhanden), geeignete N-Dünger (hier besonders die N-Konzentrationen, aber auch begleitende Nährstoffe), die Produktionsausrichtung (Futter- oder Qualitätsgetreide) und die Standorteigenschaften (Fruchtfolge, Witterungsrisiken) sein. Um unter ökologischen wie ökonomischen Aspekten eine fachgerechte Ausbringung flüssiger Dünger im Bodendepot zu erreichen, ist ein überbetrieblicher Einsatz der noch teuren Technik von Vorteil.

Eine Weiterentwicklung sollte sich einerseits auf die Gerätetechnik (Injektionsverfahren eventuell in Verbindung mit Festdüngern) und andererseits auf die Dünger selbst (Nährstoffkonzentration, -zusammensetzung) konzentrieren. Hierdurch ließen sich besonders die ökologischen Anforderungen an eine moderne, konkurrenzfähige Pflanzenproduktion nachhaltig erfüllen.

Mokry