

„CULTAN“-Düngung: Zu Getreide ohne Alternative?

Univ.-Prof. em. Dr. Dr. h.c. K. Sommer
Kapellenstr. 27, 53121 Bonn

Beitrag zum „CULTAN“-Fachgespräch am 31. 03. 2009
in der
Andreas-Hermes-Akademie, Bonn-Röttgen

1. Konventionelle N-Düngung und „CULTAN“-Düngung

Einer allgemein gültigen Regel folgend ist es aus wirtschaftlichen Gründen auch in der Pflanzenproduktion normal, bei den angebauten Kulturen die Potentiale der Ertragsbildung rationell voll auszuschöpfen. Deutlich wird dieses Bemühen beim Anbau von Körnerfrüchten wie Getreide, Mais, Raps oder Grassamen. In den vergangenen Jahren wurden besonders beim Getreide immer neue, ausgefeiltere Strategien entwickelt, das Ziel der Ausschöpfung der Ertragspotentiale zu erreichen. Beim Getreide als wichtige Kultur sollen diese Strategien als Beispiel auch für andere Kulturen näher betrachtet werden. Erwähnt seien nur:

- bei der N-Düngung die Anwendung verschiedener N-Formen, wie: Nitrat, Harnstoff oder Ammonium sowie deren Kombinationen
- die Aufteilung der N-Düngung in verschiedene N-Gaben: zur Bestockung, zum Schossen, zum Ährenschieben und als N-Spätdüngung nach der Blüte
- die Entwicklung von Langzeitdüngern als organische Kondensate, umhüllte Granulate oder Gemische von N-Mineraldüngern mit Nitrifikationshemmern
- die Anwendung der N-Dünger als Kopfdünger auf den Boden oder Harnstoff als Blattdünger
- die breitflächige Anwendung von N-Düngern auf den Boden bzw. ihre platzierte Applikation in oder auf den Boden
- die Bemessung der N-Versorgung nach N-Sollwerten zu bestimmten Stadien der Entwicklung des Getreides.

Abgesehen vom Harnstoff als Blattdüngung war der gedüngte Stickstoff in allen Fällen direkt oder nach seiner Nitrifikation im Boden indirekt für die Pflanzen als Nitrat verfügbar. Die richtige Bemessung der N-Versorgung des Getreides entsprechend seiner Entwicklung war dabei die Grundlage einer optimalen Bestandesführung hin zu hohen Kornerträgen. Diese Verfahrensweise war dabei unabhängig von der gedüngten N-Form: Ammonium, Nitrat oder Harnstoff in jedem Fall eine sproßdominante N-Versorgung der Pflanzen im hormonellen Gleichgewicht mit einem relativ hohen Niveau von Auxin und Gibberellin vom Sproß gegenüber Kinetin von den Wurzeln. Die verschiedenen Arten der Anwendung der N-Düngung basieren dabei auf der Erfahrung, dass bei größeren N-Angeboten beim Getreide Fehlentwicklungen eintreten, verbunden mit erheblichen Depressionen bei den Erträgen. Es wurde allgemein festgestellt, dass Getreide größere N-Angebote von sich aus nicht sinnvoll verwerten kann. Auf der Basis der Optimierung der Erträge in Versuchen wurde aus diesem Grunde bei der konventionellen N-Düngung des Getreides während des vegetativen Wachstums das Prinzip des latenten N-Mangels verfolgt. Bemühungen, diese

Verfahrensweise zu begründen, wurden nicht unternommen. Ungeachtet dessen wird davon auszugehen sein, dass nur so ein noch angemessenes Wachstum der Wurzeln gegenüber dem Sproß erreicht werden konnte mit entsprechenden Rückwirkungen auf das hormonelle Gleichgewicht in den Pflanzen.

Aufbauend auf dieser Erkenntnis, dass Getreide ein größeres N-Angebot nicht sinnvoll verwerten kann, wurde neben der N-Stadiendüngung mit der Entwicklung der Computer-Technik von Heyland und Kochs sowie Braun in den Jahren nach 1980 die „Computer gesteuerte Bestandesführung“ als letzte Perfektion der N-Versorgung beim Getreide entwickelt. Ungeachtet der Feststellung dieser Autoren hat sich trotz des hohen Arbeitsaufwands bei ihrer Bestandesführung in Versuchen von Roselt (1991) in Rheinland-Pfalz die „CULTAN“-Düngung hinsichtlich der erzielten Erträge der „Computer gesteuerten Bestandesführung“ als deutlich überlegen erwiesen.

Nach Sommer (2005) sind es jedoch nicht die überhöhten N-Gaben an sich, die Fehlsteuerungen in der Entwicklung beim Getreide bewirken. Es sind bei sproßdominanter N-Versorgung des Getreides, wie sie konventionell als Nitrat oder als Harnstoff vorliegt, die Verschiebungen der hormonellen Gleichgewichte in den Pflanzen vom Kinetin hin zum Auxin und Gibberellin. Diese Auffassung wird nicht nur dadurch bestärkt, dass sich in entsprechenden Versuchen „CULTAN“-Varianten den konventionell gedüngten Varianten in den Erträgen direkt oder indirekt als deutlich überlegen erwiesen haben. Die „CULTAN“-Varianten erwiesen sich gegenüber den konventionell gedüngten Varianten auch überlegen in den N-Gehalten der Pflanzen während ihrer gesamten vegetativen Entwicklung. Dadurch wird die konventionelle These der generell negativen Wirkung einer hohen N-Versorgung widerlegt. Auch in diesem Fall ist die N-Form und die Art des N-Angebots – Ammonium als „CULTAN“ oder Harnstoff als Blattdüngung oder wie Nitrat über den Boden - von entscheidender Bedeutung. Darüber hinaus unterschieden sich die Varianten markant im Habitus der Pflanzen sowie der Geschwindigkeit ihrer Entwicklung zu Gunsten der „CULTAN“-Varianten gegenüber den konventionell gedüngten. Zusammengefaßt können:

- eine intensivere Grünfärbung der Pflanzen
- ein starrträchtiger Blattstand in der Schoßphase
- ein besseres Bestandesklima während der vegetativen Entwicklung
- vergrößerte Fahnenblätter und Ähren zur Blüte
- beschleunigte Kornfüllung nach der Blüte
- die verzögerte Abreife des Strohs
- eine erhöhte Dürresistenz in der Vegetationszeit

nur durch einen stärkeren Eingriff in das hormonelle Gleichgewicht in den Pflanzen zu Gunsten des Kinetins gegenüber Auxin und Gibberellin durch die Art der N-Versorgung erklärt werden. Dieses ist in den Pflanzen in Abhängigkeit von der Art der N-Versorgung ein während des Wachstums physiologisch kontinuierlicher Vorgang, der durch Blattspritzungen nicht ersetzt oder ergänzt werden kann. Um in diesem Bereich die Qualität von Versuchen richtig bewerten zu können, sollten neben den erzielten Erträgen diese Merkmale mit berücksichtigt werden. Die positive Wirkung verhaltener N-Düngung beim Getreide bei konventioneller N-Düngung ist offensichtlich darin begründet, dass Pflanzen bei latentem N-Mangel relativ größere Wurzelsysteme im Verhältnis zum Spross entwickeln als bei reichlicher N-Versorgung. Das heißt, dass unter diesen Voraussetzungen hormonelle Gleichgewichte in den Pflanzen von den Auxinen und Gibberellinen zu Gunsten der Kinetine verschoben werden. Höchsterträge können beim Getreide bei dieser Verfahrensweise aber dennoch nicht erreicht werden, weil aufgrund des latenten N-Mangels das assimilatorische Potential der Pflanzen nicht ausgeschöpft wird. Diese Wechselwirkungen sind die

wesentlichen Gründe dafür, weshalb sich konventionelle Strategien zur N-Düngung beim Getreide hinsichtlich der erzielten Erträge allgemein gegenüber der „CULTAN“-Düngung bisher als deutlich unterlegen erwiesen haben.

2. Alternativen zur „CULTAN“-Düngung

Die Einführung der „CULTAN“-Düngung in die landwirtschaftliche Praxis ist eine große Herausforderung. Sie erfordert nicht nur eine erhebliche Umstellung in der Technik der N-Düngung. Als schwieriger hat sich die Logistik für die Bereitstellung von Ammonium-Düngern in flüssiger oder fester Form herausgestellt, weil die Düngemittel-Industrie in der Produktion bisher nicht hinreichend auf diese N-Dünger eingestellt ist. Diese Situation hat dazu geführt, in Angleichung an den bestehenden Handel mit Düngemitteln nach Kompromissen zu suchen und in der Beratung die „CULTAN“-Düngung in ihrer Problematik auf die Injektion von N-Lösungen in den Boden zu beschränken.

Scheinbar geeignete N-Lösungen, da bereits handelsüblich, waren rasch in der AH-Lösung, $\text{NH}_4\text{NO}_3 \times \text{CO}(\text{NH}_2)_2$, sowie der HAS-Lösung, $\text{CO}(\text{NH}_2)_2 \times (\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$, als scheinbar mögliche Alternativen gefunden. Ohne sich um die Definition der „CULTAN“-Düngung von Sommer (2005) zu kümmern, wurde von der Beratung die platzierte Injektion dieser N-Lösungen in den Boden als „CULTAN“-Düngung bezeichnet, ihre platzierte Anwendung auf den Boden als Pseudo-„CULTAN“-Düngung. In entsprechenden Feldversuchen wurde auf dieser Basis dann mit einiger Genugtuung in einer Fachpresse festgestellt, dass die Erträge an Körnern in den sogn. „CULTAN bzw. Pseudo - CULTAN“-Varianten deutlich gegenüber den in den konventionell mit geteilten N-Gaben gedüngten Varianten abfielen.

Derartige und ähnlich gelagerte Versuche haben mit der „CULTAN“-Düngung nichts, aber absolut auch gar nichts gemein. Es handelt sich bei diesen Versuchen um N-Formenversuche zur platzierten N-Düngung und in keiner Weise um die „CULTAN“-Düngung.

Ungeachtet dessen sind derartige Versuche eine persönliche Bereicherung zu einem besseren Verständnis der physiologischen Wechselwirkungen dieser N-Formen in den Pflanzen. Dabei ist zunächst festzustellen, dass in der:

- „**AH-Lösung**“ der Stickstoff zu 50 % als Harnstoff, $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$, und zu je 25 % als Nitrat, NO_3 , bzw. als Ammonium, NH_4 , vorliegt.
- „**HAS-Lösung**“ der Stickstoff zu 75 % als Harnstoff, $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$, und zu 25 % als Ammonium, NH_4 , vorliegt.

Nach platzierter Düngung in oder auf den Boden:

- sind Harnstoff, Nitrat und Ammonium aufgrund ihrer lokal hohen Konzentrationen und der bakteriziden Wirkung des Ammoniums in den Depots als N-Formen weitgehend stabil.
- können Harnstoff, Nitrat und Ammonium als solche von den Pflanzen aufgenommen werden. Während Ammonium von den Pflanzen in Abhängigkeit von der Bereitstellung von Kohlenhydraten vom Sproß von den Wurzeln aktiv aufgenommen und aufgrund seiner Phytotoxizität in den Spitzen der Wurzeln in den Stoffwechsel der Proteine übernommen werden muß, folgen Harnstoff und Nitrat dem Transpirationsstrom zum Sproß.

- fördert Ammonium aufgrund seiner Attraktion des Wachstums der Wurzeln zu den Depots die Aufnahme von Harnstoff und Nitrat durch die Pflanzen.
- verbleiben Harnstoff, Nitrat und Ammonium bei trockener Witterung als Gemisch in den Depots, während bei feuchter Witterung Harnstoff und Nitrat zu den Grenzflächen der Depots diffundieren, Ammonium aber aufgrund seiner Sorption in ihrem Zentrum verbleibt.
- erfolgt bei der N-Aufnahme durch die Pflanzen eine Trennung der N-Formen: Harnstoff, Nitrat und Ammonium. Entsprechend der Bereitstellung von Kohlenhydraten vom Sproß wird Ammonium in den Wurzeln in den Stoffwechsel der Pflanzen übernommen. Harnstoff und Nitrat werden zum Sproß transportiert.

1.) Harnstoff wird im Sproß hydrolysiert

und muß dann entsprechend dem Angebot nach seiner Umwandlung als Ammonium über den physiologischen Bedarf der Pflanzen hinaus in den Proteinstoffwechsel übernommen werden. Bei den hohen Angeboten an Harnstoff verbleiben dem Sproß nur begrenzt Kohlenhydrate für die Wurzeln für die Aufnahme von Ammonium verfügbar. Harnstoff im Sproß ist gegenüber dem Ammonium in Depots im Boden in den Pflanzen dominant. Die Pflanzen werden dann stark sproßdominant in der ersten Phase des Wachstums, zur Zeit der Differenzierung der Primordien. Da sind aufgrund der Anlage relativ kleiner Ähren und Fahnenblätter starke Depressionen bei den Erträgen vorprogrammiert.

2.) Nitrat wird im Sproß entsprechend der Auslastung des Proteinstoffwechsels im Sproß der Pflanzen reduziert

und darüber hinaus im Sproß angereichert (genetische Rückkopplung der Aktivität der Nitrat-Reduktase mit der Auslastung des Proteinstoffwechsels). Beim Nitrat liegt das Niveau der Auslastung des Proteinstoffwechsels deutlich niedriger als beim Ammonium. Auch hier tritt gegenüber Ammonium im Depot eine vorübergehende sproßdominante Wachstumsphase ein, die jedoch nicht so stark ausgeprägt ist wie beim Harnstoff. Aufgrund der Anreicherung von Nitrat in den Pflanzen kommt seine Wirkung als Osmoregulator zum Tragen mit starken negativen Rückwirkungen auf den Pflanzenschutz. In jedem Fall sind markante Depressionen bei den Erträgen vorprogrammiert.

Schlußfolgerung

N-Dünger, die neben Ammonium wesentliche Mengen an Harnstoff oder Nitrat enthalten, sind:

„Harnstoff – Ammonium- Dünger“

bzw.

„Harnstoff-Ammoniumnitrat – Dünger“

aber keine

„CULTAN“-Dünger.

Beim Getreide und anderen Körnerfrüchten wie:

Mais, Raps oder Grassamen

sind sie auch bei platzierter Düngung zur

„CULTAN“-Düngung

keine Alternative !!!

3. „CULTAN“-Düngung beim Getreide

Bei der „CULTAN“-Düngung sind auf einen Standort bezogene Höchstertträge guter Qualität nicht der Zufall des richtigen Gefühls bei der Bemessung der Höhe der N-Düngung und den Terminen ihrer Anwendung in geteilten Gaben während der Vegetationsperiode, abhängig von der Gunst des Verlaufs der Witterung. Bei der „CULTAN“-Düngung sind bei ausreichendem Nährstoffangebot Höchstertträge das Ergebnis systematischer Bestandesführung unter vorrangiger Berücksichtigung der physiologisch spezifischen Gesetzmäßigkeiten hormoneller Steuerung des Stoffwechsels bei den Pflanzen. Dazu gehört insbesondere eine am Ertrag orientierte Steuerung des am Wachstum orientierten hormonellen Gleichgewichts zwischen dem Kinetin, von den Pflanzen vorrangig synthetisiert in den Spitzen der Wurzeln, gegenüber dem Auxin und Gibberellin, von den Pflanzen vorrangig synthetisiert im Sproß. Soll ein bestehendes hormonelles Gleichgewicht in den Pflanzen zum Beispiel zu Gunsten des Kinetins gegenüber Auxin und Gibberellin verschoben werden, bedeutet dieses die Entwicklung des Wurzelsystems gegenüber dem Sproß zu fördern. Die Verschiebung der hormonellen Gleichgewichte kann, da es sich dabei während des Wachstums nicht nur um kontinuierlich verlaufende Prozesse handelt, sondern um Wechselwirkungen zwischen dem Wurzelsystem, dem Halm und der Ähre, das heißt, auch um organspezifische Prozesse des Stoffwechsels, durch gezielte Spritzungen mit Hormonen weder gestützt noch korrigiert werden. Diese Gesetzmäßigkeiten müssen bei der „CULTAN“-Düngung berücksichtigt werden, wenn beim Getreide oder Körnerfrüchten allgemein Höchstertträge erzielt werden sollen. Dabei sind für Getreide drei Situationen zu unterscheiden:

1. Sommergetreide

Sommergetreide, das nach der Aussaat wie alle Samen im Stadium EC 5 zunächst einige Wurzeln treibt bevor sich im EC-Stadium 10 der Sproß entwickelt, befindet sich im Stadium der Keimung aufgrund eines relativ großen Wurzelsystems gegenüber dem Sproß in einer wurzeldominanten, d.h. „Kinetin“-betonten Phase seines Wachstums. Diese Art der Entwicklung muß erhalten bleiben, wenn zur Ernte Höchstertträge erzielt werden sollen. Dieses setzt voraus, daß mit der Aussaat des Getreides auch die „CULTAN“-Düngung gleichzeitig erfolgt, spätestens jedoch bis zum Stadium EC 10 erfolgt ist. Ist dieses nicht der Fall, besteht auf der Basis der NO_3 -Nachlieferung vom Boden die Gefahr, dass junges Getreide in einer kritischen Phase seiner Entwicklung vorübergehend in sproßdominantes „Auxin / Gibberellin“-betontes Wachstum wechselt. Dadurch werden Höchstertträge bei der Ernte ausgeschlossen, Schumacher (2009).

2. Wintergetreide

Nach seiner Aussaat im Herbst, EC-Stadium 00, wächst Wintergetreide bis zum Frühjahr des kommenden Jahres in der Regel auf der Basis der NO_3 -Nachlieferung vom Boden bis zum Ende der Bestockung/Beginn des Schossens, EC-Stadium 27-30, heran. D.h., dass die Pflanzen im Verhältnis zum Sproß nur über relativ kleine Wurzelsysteme verfügen. Sie sind im Wachstum sproßdominant geprägt mit relativ hohen Gehalten an Auxin und Gibberellin gegenüber Kinetin. Um Höchstertträge bei der Ernte erzielen zu können, muß dieses Verhältnis im hormonellen Gleichgewicht vor der Entwicklung der Primordien beim Getreide vom Auxin und Gibberellin zu Gunsten des Kinetins verschoben werden. Dieses kann bei den Jungpflanzen durch latenten N-Mangel geschehen, da diese unter diesen Voraussetzungen relativ große Wurzelsysteme im Verhältnis zum Sproß entwickeln. In den Getreidepflanzen sollten zu diesem Zweck im Stadium EC 29/30 vor der „CULTAN“-Düngung N-Gehalte von 2,5 % N i.d.TM nicht überschritten werden gegenüber konventioneller N-Düngung mit über 4,0 % N i.d.TM der Pflanzen. Erst wenn bei den Pflanzen zum Ende der Bestockung / Beginn des Schossens im Stadium EC 29/30

deutlicher N-Mangel eingetreten ist, sollen sie durch die „CULTAN“-Düngung aufgefangen werden. Erst dann bewirkt die „CULTAN“-Düngung beim Getreide einen optimal wurzeldominanten, ertragsorientierten Entwicklungstyp.

3. Vegetativ überwachsenes Wintergetreide

Nach seiner Aussaat im Herbst kann sich bei hoher NO_3 -Nachlieferung vom Boden und hohen Temperaturen im Winter bis zum Frühjahr oder auf beheizten Böden im EC-Stadium 31 vegetativ überwachsenes Getreide entwickeln, das hormonell extrem sproßdominant geprägt ist. Um höchste Erträge erzielen zu können, muß dieses sproßdominante Wachstum des Getreides in wurzeldominantes Wachstum umgesteuert werden. Dieses geschieht durch den Rückschnitt der Pflanzen oberhalb der Anlagen der Primordien in den Halmen in einem Arbeitsgang mit der „CULTAN“-Düngung oder direkt davor. Auf diese Weise werden Syntheseflächen für Auxin und Gibberellin mechanisch entfernt. Das hormonelle Gleichgewicht wird in den Pflanzen für die anschließende Wachstumsperiode zu Gunsten des Kinetins verschoben und so eine Entwicklung zu Höchsterträgen ermöglicht, Viehausen, (1983).

Literatur

Roselt, J.-P. (1991)

Standortuntersuchungen zur Stickstoffdepot-, PK-Spät- und ergänzenden Blattdüngung bei Winterweizen in Rheinland-Pfalz, Diss. Bonn

Schumacher, H. J. (2009)

Ertrags- und Qualitätssteigerung für Braugerste, LOP, Landwirtschaft ohne Pflug, 01/2009

Sommer, K. (2005)

CULTAN-Düngung, Verlag: Th. Mann, 45894 Gelsenkirchen-Buir

Viehausen, E. (1983)

Stickstoffmobilisierung und Stickstoffverwertung sowie Regulierung des vegetativen Wachstums bei Winterweizen auf beheizten Böden, Diss. Bonn