

Stabilisierte Stickstoffdünger - ein Beitrag zur Verminderung des Nitratproblems

Fachtagung mit Vertretern aus
Landwirtschaft, Wasserwirtschaft
und Düngemittel-Industrie

15./16. Oktober 1991, Würzburg

Dicyandiamid als Nitrifikationshemmstoff

A. Amberger, Freising-Weihenstephan

Moderne Düngungssysteme basieren auf ökonomischen und ökologischen Zielsetzungen, d.h. einer möglichst effizienten Ausnutzung der Stickstoffdüngemittel unter gleichzeitiger Minimierung von Verlusten und damit der Umweltbelastung durch Nitratauswaschung, Denitrifikation und Ammoniakverflüchtigung. Teil dieses Konzeptes ist auch die Kontrolle des natürlichen Vorganges der biologischen Nitrifikation von anorganischen und organischen Düngemitteln durch Nitrifikationshemmstoffe im Sinne einer "Stabilisierung" des Stickstoffs auf der Stufe des Ammoniums.

In der Natur vorkommende Nitrifikationshemmstoffe sind seit langem bekannt (Gerbstoffe, Alkaloide, Flavonoide, Saponine und dergl.). Der Nachteil ist häufig mangelnde Spezifität, geringe Konzentration und aufwendige Extraktions- bzw. Herstellungsverfahren. Seit den 60er Jahren haben synthetisch hergestellte Hemmstoffe größere Bedeutung erlangt, in USA (Nitrapyrin), Japan (AM) und Deutschland (Didin). Nach dem deutschen Düngemittelgesetz gehören die Nitrifikationshemmstoffe in die Gruppe der Bodenhilfsstoffe, die definitionsgemäß "..... den Boden biotisch, chemisch oder physikalisch beeinflussen, um die Wirksamkeit von Düngemitteln zu verbessern". Sie unterscheiden sich damit grundsätzlich von den Pflanzenschutzmitteln, die "..... dem Schutz der Pflanzen vor Schadorganismen und nicht-parasitären Beeinträchtigungen dienen".

Nitrifikationshemmstoff Dicyandiamid (DCD, "Didin")

In mehr als 15-jähriger intensiver Forschung wurden am Lehrstuhl für Pflanzenernährung der TU München-Weihenstephan die Grundlagen über Wirkung und Einsatzmöglichkeiten des Dicyandiamid-erarbeitet, wovon mehrere Dissertationen, Diplomarbeiten und zahlreiche Publikationen zeugen.

DCD ist das Dimerisationsprodukt des Cyanamids und als solches Bestandteil des Kalkstickstoffs, des ältesten in Deutschland hergestellten Stickstoffdüngers. In kristalliner Form enthält es ca. 67 % N, ist somit wirksamer Dünger und Nitrifikationshemmstoff.

Anderen Stickstoffdüngemitteln (Harnstoff, Ammonsulfat, Ammoniumsulfat etc.) zugesetzt (mit einem Anteil von 5 - 10 % DCD-N am Gesamt-N) verzögert bzw. hemmt es den Vorgang der Nitrifikation auf der Stufe des Ammonium, temperaturabhängig bis zu 2 - 3 Monaten (Abb.1) .

Nitrifikationshemmstoffe müssen bestimmte Kriterien erfüllen, die die Spezifität, Persistenz und Toxikologie betreffen:

Spezifität

DCD wirkt spezifisch und bakteriostatisch (nicht bakterizid!) auf Nitrosomonas europaea (Abb.2). Durch DCD "gehemmte" Rein-kulturen erreichen aber nach dem Umsetzen in ein DCD-freies Medium wieder nahezu die volle Aktivität der Ammoniumoxidation (Tab.1), d.h. der Vorgang der Hemmung ist reversibel.

Anderer Bodenorganismen (z.B. Rhizobium leg., Azotobacter chroococcum) sowie die C-heterotrophe Bodenflora werden selbst durch hohe Gaben von DCD nicht beeinträchtigt, gemessen an Enzymaktivitäten, Atmung oder Biomassebildung (Tab.2).

Was die Toxikologie anlangt, so beträgt die LD_{50} (ein bekanntes Kriterium) für DCD 10 g/kg Körpergewicht, d.h. diese ist 3mal so hoch wie die von Kochsalz, weshalb es in die Gruppe der nicht toxischen Substanzen eingeordnet wurde.

DCD-Abbau im Boden (Persistenz)

Der Abbau dieses Hemmstoffes im Boden wir mit steigender Temperatur u. zunehmendem Tongehalt beschleunigt. Er beginnt mit einer abiotischen Wasseranlagerung (Oberflächenkatalyse an Metalloxyden) unter Bildung von Guanylharnstoff (Abb.3). Nach Dekarboxylierung, Desaminierung und erneuter Wasseraufnahme entsteht daraus Guanidin und schließlich Harnstoff, der durch das Enzym Urease in die Pflanzen-nährstoffe NH_3 und CO_2 gespalten wird. Wichtig ist, daß der Abbau letztlich rückstandsfrei erfolgt und ferner, daß die ermittelten Metaboliten keine nitrifikationshemmende Wirkung aufweisen.

Aufgrund neuester Arbeiten sind DCD und Guanylharnstoff aber auch als alleinige N-Quelle für bestimmte Mikroorganismen nutzbar; je nach deren spezifischer Enzymausstattung führt der Abbau teilweise auch über andere Zwischenprodukte (z.B. Cyanharnstoff) wiederum zum Harnstoff. Unter praktischen Bedingungen dürfte die

abiotische Umwandlung des DCD zum Guanylharnstoff größere Bedeutung haben; spätestens von dort ab setzt aber ein biologischer Abbau ein.

DCD in der Bodenlösung

Der Hemmstoff ist wasserlöslich und damit auch - abhängig von Bodeneigenschaften (Körnung, Struktur, Richtung des Wasserstromes, Durchwurzelung etc.) und Anwendungsbedingungen (Zeit, Menge, etc.) - in gewissem Umfang im Boden beweglich. Unter den Bedingungen des Feldversuches konnte DCD ungünstigstenfalls im Getreidestroh in Spuren, in den Körnern dagegen nicht nachgewiesen werden. Unter den "künstlichen" Bedingungen des Lysimeters (begrenztes Bodenprofil, mangelnder bzw. unterbrochener Aufwärtsstrom des Wassers usw.) wurden aus einer Löblehmbräunerde, pH 6.5, in einem Zeitraum von 7 Jahren aus "Alzon 25" (= Ammonsulfat + DCD, vor der Saat bzw. zur Bestockung des Getreides appliziert) 0.6 % (N_1) bzw. 0.9 % (N_2) je nach Höhe der N- bzw. DCD-Gabe insbesondere nach sehr starken Frühjahrsniederschlägen ausgewaschen.

DCD und Denitrifikation

Die Denitrifikation im Boden geht bekanntlich vom Nitrat aus und nimmt bei höherer Temperatur, (zeitweilig) anaeroben Bedingungen (Wasserstau) und entsprechendem Angebot an löslichem C zu. Eine Hemmung der Nitrifikation verringert demzufolge auch die Gefahr der Denitrifikation; im Modellversuch wurde diese durch DCD-Anwendung um 20 % erniedrigt.

Einsatzmöglichkeiten des Dicyandiamid

1. Als Zusatz zu Handelsdüngern auf der Basis von Ammonium oder Harnstoff ("Alzon"-, "Basamon"-Dünger).

Bei 1-2maliger Ausbringung der gesamten N-Gabe in Form von "stabilisierten" Düngern können die Kosten gegenüber häufigeren Teilgaben als Kalkammonsalpeter erheblich verringert und ferner die vertikale Verlagerung von Nitrat, insbesondere in einem feuchten Frühjahr zu spät deckenden Früchten (Mais, Zuckerrüben) verhindert werden.

Eine zeitweilige Ammoniumernährung beeinflusst sowohl den Habitus als auch die Gesundheit der Pflanzen günstig und senkt den Nitratgehalt beträchtlich.

- Als Zusatz zu Gülle, Abwasser aus der Kartoffelstärke-Industrie usw. erfolgt eine "Stabilisierung" des Stickstoffs auf der Ammoniumstufe und damit eine Verminderung der Nitratauswaschung und Denitrifikation.

Die Kontrolle und Steuerung der Nitrifikation von anorganischen und organischen Düngemitteln ist damit Teil einer ökonomischen und ökologischen Zielsetzung in modernen Düngungssystemen.

Abb. 1

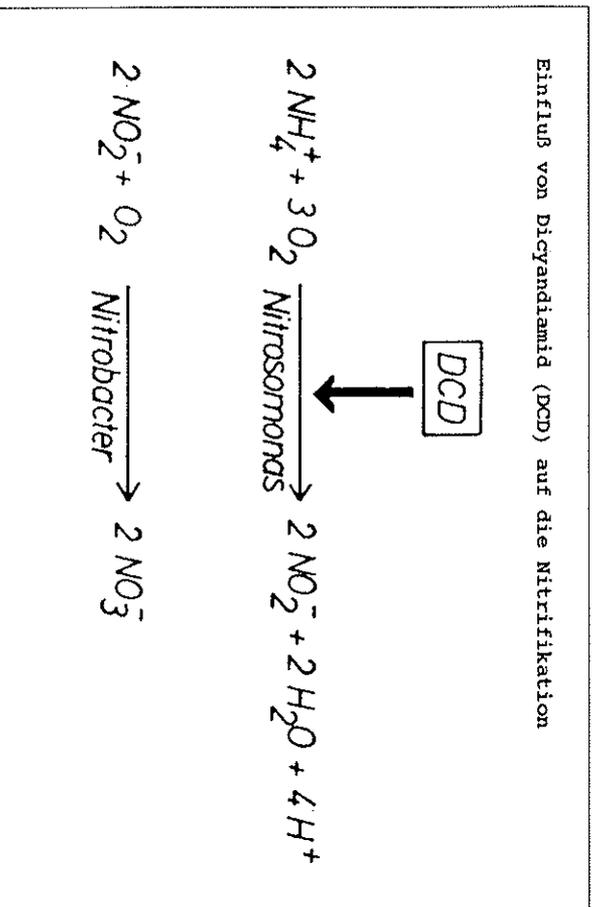


Abb. 2

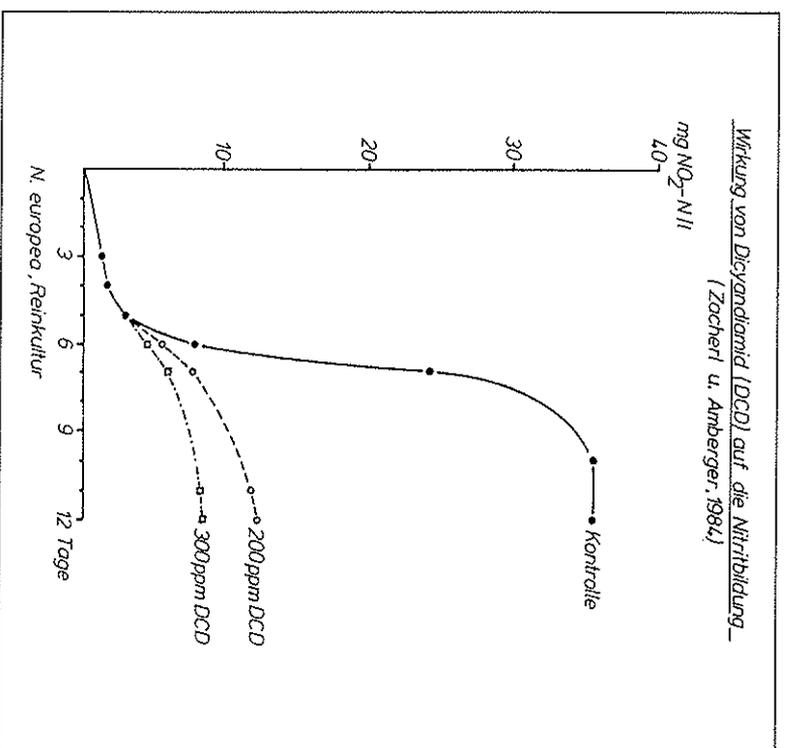
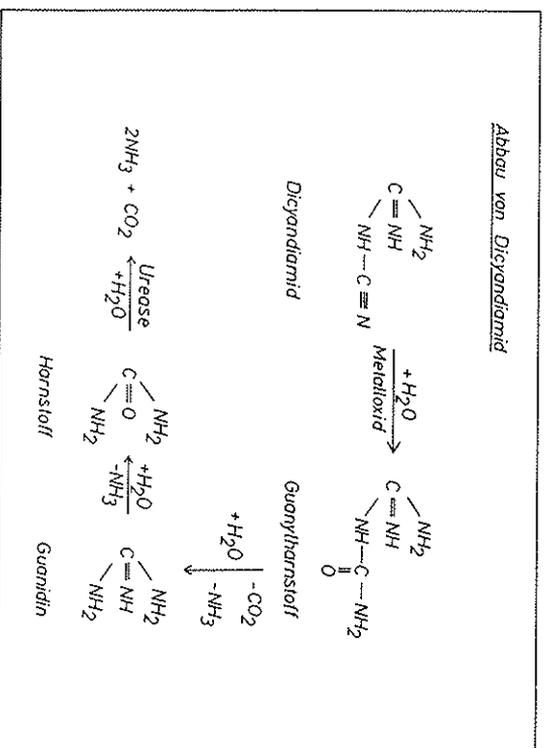


Abb. 3



Tab. 1 Nitritbildung durch Nitrosomonas europaea
unter DCD-Einfluß (1. Versuch) und nach Beendigung der DCD-Einwirkung
(2. Versuch)

	1. Versuch		2. Versuch	
	Messung nach 6 Tagen	DCD	Messung nach 5 Tagen	DCD
$\text{mg NO}_2^-/\text{N/l}$	36,4	44,1	36,7	32,8
%	GD 4%	7,0	GD 4%	13,4
	100	39	100	89

Tab. 2 Durchschnittlicher Sauerstoffverbrauch und mikrobielle Biomasse der untersuchten Böden in Abhängigkeit von der DCD-Konzentration (Stichelmeier)

Boden Variante	kg DCD/ha	$\text{mg O}_2/\text{h}$	±s*	mikr. Biom. mgC/100g Bod.	±s	GD ^o 5%
Dürrast	0	1,49	0,11	41,7	3,1	
	120	1,55	0,09	43,3	2,5	2,1
V II	0	2,20	0,07	61,6	1,9	
	120	2,27	0,07	63,7	2,0	3,1
Hohenb.	0	1,32	0,15	36,9	4,2	
	120	1,28	0,11	35,9	3,0	4,2

* s = Standardabweichung °GD = Grenzdifferenz