

(Aus der Landwirtschaftlich-chemischen Bundesanstalt in Wien, Direktor Hofrat Dipl.-Ing. Arnold Köchl)

Die Wirkung dicyandiamidhaltiger Stickstoffdünger zu Hackfrüchten

1. Mitteilung: Die Wirkung bei Zuckerrübe

Von M. DACHLER

Zusammenfassung

In dreijährigen Feldversuchen wurde die Wirkung von dicyandiamidhaltigem Ammonsulfatsalpeter mit geteilten und ungeteilten KAS-Gaben unter Gabenstaffelung (0/50/80/110/140 bzw. 0/25 + 25/40 + 40/55 + 55/70 + 70 kg N/ha) in zwei Klimagebieten bei Zuckerrübe verglichen. Die Versuche ergaben folgende Ertrags- und Qualitätsergebnisse beziehungsweise ökonomische Bewertung.

- Die Rüben- und bereinigten Zuckererträge zeigten bezüglich Düngerform tendentiell uneinheitliche, aber jedenfalls keine signifikanten Unterschiede.
- Den höchsten Roherlös (nach Abzug der verfahrensspezifischen Kosten) erbrachte im Trockengebiet eine geteilte KAS-Gabe von 25 + 25 kg N/ha, im Alpenvorland eine solche von 40 + 40 N/ha.
- Auf Grund der gemessenen N_{\min} -Werte kann die vermutete nitrifikationshemmende Wirkung von ASS + DCD in den ersten Wochen nach Ausbringung bestätigt werden.

Aus den vorliegenden Versuchsergebnissen lassen sich somit für DCD-hältige Düngemittel bei Zuckerrübe in der Regel keine besonderen Vor- oder Nachteile ableiten. Als positiv kann allenfalls der verminderte N_{\min} -Gehalt während des frühen Vegetationsstadiums herausgestellt werden.

Schlüsselworte: Dicyandiamid, Stickstoffdünger, Zuckerrübe, Nitrifikationshemmstoffe, Hackfrüchte.

The effect of dicyandiamide containing nitrogen fertilizers on root-crops

1. Communication: The effect on sugar beet

Summary

In three years of field trials the effects of dicyandiamid-containing ammonium-sulfate-nitrate (ASN + DCD) on sugarbeet was compared with splitted and unsplitted ammonium-nitrate-lime (A-N-L) at different nitrogen rates under two different climatic and soil conditions.

- Sugar beet yield and yield of sugar showed no significant differences between nitrogen forms.

- The highest proceeds (expenses of fertilizers deducted) were obtained with splitted A-N-L (25 + 25 kg N/ha in a rather dry area and 40 + 40 kg N/ha in a wetter climate).
 - According to analyses of total nitrogen supply in the soil during early growing stages, the inhibiting effect on nitrification of ASN-DCD can be confirmed.
- To sum up, the use of ASN + DCD to sugar beet showed no significant advantages or disadvantages.

Key-words: Dicyandiamide, nitrogen fertilizers, sugar beet, nitrification inhibitors, root crops.

1. Einleitung

Natürliche und synthetische Nitrifikationshemmstoffe sind seit langem bekannt. Natürliche Hemmstoffe wie Gerbstoffe, Tannine und Flavonoide werden kaum großflächig eingesetzt, künstliche Hemmstoffe (v. a. Dicyandiamid und Nitrapyrin) wurden zwar eingesetzt, konnten sich aber letztlich nicht durchsetzen. Vor einigen Jahren wurden Stickstoffdüngemittel entwickelt, die mit 1 bis 2 % Dicyandiamid (DCD) versetzt sind. DCD besitzt eine bakteriostatische Wirkung auf Nitrosomonas, wodurch der Umbau von Dünger-Ammonium zu Nitrit und somit auch zu Nitrat im Boden verlangsamt wird. Die Freisetzung des pflanzenaufnehmbaren Nitrats rückt damit näher an den Zeitpunkt des maximalen Bedarfs der Pflanze, die Gefahr von Stickstoffverlusten zu Vegetationsbeginn wird vermindert.

DCD weist eine geringe akute Toxizität auf (ROLL 1991). Die orale LD 50 bei Ratte lag bei > 10.000 mg/kg Körpergewicht, die LD 10 nach Angaben des „National Institute for Occupational Safety and Health“ aus dem Jahr 1991 bei 600 mg/kg. Da DCD rückstandsfrei zu NH₃, CO₂ und H₂O abgebaut wird, gilt es auch als ökotoxikologisch unbedenklich.

Der Abbau von DCD findet nach AMBERGER (1986) zuerst auf der Oberfläche von Metalloxiden durch katalytische Addition von Wasser und der Bildung von Guanidylharnstoff statt. Diese Verbindung wird durch Mikroorganismen und weiterer Wasseranlagerung zu Guanidin und schließlich zu Harnstoff umgewandelt.

Demgegenüber stellten HAUSER und HASSELWANDTER (1990) die durch Laborergebnisse untermauerte Hypothese auf, daß der gesamte DCD-Abbau durch Mikroorganismen bewerkstelligt wird.

Der Nutzen DCD-hältiger Düngemittel ist vielfältig. Neben einem positiven Einfluß auf den Ertrag wird über verbesserte Eigenschaften bei den Qualitätsparametern berichtet, über geringere Nitratgehalte im Ernteprodukt (Kartoffel) und geringere N_{min}-Restmengen nach der Ernte (ZERULLA und KNITTEL 1991, AMBERGER und GUTSER 1987, ZERULLA 1991, BRENNER 1991).

Die Landwirtschaftlich-chemische Bundesanstalt hat, um die Wirkung DCD-hältiger Stickstoffdünger zu prüfen, diese in zwei Klimagebieten zu Hackfrüchten (Kartoffel, Körnermais, Zuckerrübe) über drei Jahre bei Gabenstaffelung mit geteilten und ungeteilten Kalkammonsalpetergaben verglichen. Neben Ertrag und Qualität der Ernteprodukte stand die ökonomische Bewertung im Mittelpunkt des Interesses. Über die Ergebnisse zu Zuckerrübe soll in der vorliegenden 1. Mitteilung berichtet werden.

2. Versuchsanstellung

Die Versuche wurden in Fuchsenbigl (Marchfeld, pannonisches Klimagebiet) und Rottenhaus bei Wieselburg (Alpenvorland, baltisches Klimagebiet) in den

Jahren 1989 bis 1991 durchgeführt. Über die bodenkundliche und klimatische Charakteristik der Versuchsstandorte gibt Tabelle 1 Auskunft.

Tabelle 1
Charakteristik der Versuchsstandorte

Standortmerkmal	Fuchsenbigl	Rottenhaus
Seehöhe (m über N. N.)	150	290
Ø Jahresniederschlag (mm)	541	836
Jahresmitteltemperatur °C	9,1	8,5
Ausgangsgestein	Löß	Schwemmaterial
Bodentyp	Tschernosem	Braunerde
Bodenart	sandiger Lehm	schluffiger Lehm
pH in CaCl ₂	7,5	6,5
Carbonat (CaCO ₃) in %	15	0
Humus in %	2,1	2,9
Sand/Schluff/Ton	40/42/18	3/67/30

Die Versuche wurden in Fuchsenbigl künstlich beregnet (1989 mit 90 mm, 1990 mit 370 mm und 1991 mit 185 mm jeweils in mehreren Teilgaben). Als Vorfrüchte dienten in beiden Orten Getreide. In Fuchsenbigl kamen die Sorten Austro beziehungsweise Ultra Mono und in Rottenhaus Emma und Ultra Mono zum Einsatz.

Kalkammonsalpeter (KAS) und DCD-hältiger Ammonsulfatsalpeter (ASS + DCD) wurden mit 0/50/80/110/140 kg N/ha gestaffelt. Diesen einmaligen Gaben, die vor dem Anbau verabreicht wurden, wurde KAS in geteilter Gabe gegenübergestellt (25 + 25, 40 + 40, 55 + 55, 70 + 70 kg N/ha), wobei die 2. Gabe nach dem Vereinzeln ausgebracht wurde.

Der Phosphatbedarf wurde mit 50 kg P₂O₅/ha, der Kalibedarf mit 100 kg K₂O/ha in Form eines Mischdüngers abgedeckt. Inklusiv der 0-Variante umfaßte jeder Einzelversuch insgesamt 13 Prüfglieder in vierfacher Wiederholung, die als unvollständiges Lateinquadrat angeordnet waren.

3. Ergebnisse

3.1 Ergebnisse der N_{min}-Untersuchung

Die N_{min}-Werte der ASS + DCD-Variante lagen ca. vier Wochen nach der Düngemittelausbringung — wie in der Theorie unterstellt — um 30 bis 50 kg/ha, die der 0-Variante um 100 bis 140 kg/ha unter der der KAS-Variante. Der Ammoniumanteil am N_{min} lag im Mittel aller Versuche vier Wochen nach KAS-Düngung bei rund 6 % während der nach ASS + DCD-Düngung bei 24 % lag. Nach acht Wochen lagen die N_{min}-Werte nach ASS + DCD- und KAS-Düngung in Fuchsenbigl auf gleichem Niveau, in Rottenhaus lagen die nach ASS + DCD sogar noch unter denen der KAS-Düngung (Tab. 2).

Damit hat sich die Vermutung, daß der Stickstoff von ASS + DCD in den ersten Wochen langsamer freigesetzt wird als der von KAS, bestätigt.

3.2 Ertrags- und Qualitätsergebnisse

Der höchste Rübenenertrag wurde in Fuchsenbigl mit 80 kg N/ha, in Rottenhaus mit 140 kg N/ha als ASS + DCD erzielt (Tab. 3). Im Schnitt der vier Düngungsstufen erbrachte die geteilte KAS-Gabe um eine Spur bessere Erträge. Im Schnitt der N-Formen wurden in Fuchsenbigl mit 80 kg N/ha die höchsten Erträge erreicht, in Rottenhaus mit 140 kg N/ha.

Tabelle 2

N_{min} -Werte (kg/ha) in Abhängigkeit von Düngerform bzw. Angebotszeitpunkt in unterschiedlichen Vegetationsstadien (im Schnitt der Versuchsjahre)

	0	110 kg N/ha als KAS	110 kg N/ha als ASS+DCD	55 + 55 kg N/ha als KAS
Fuchsenbigl				
vor Anbau	106	106	106	106
Ende April	104	203	157	140
Ende Mai	119	210	212	258
Rottenhaus	0	110 kg N/ha als KAS	110 kg N/ha als ASS+DCD	55 + 55 kg N/ha als KAS
vor Anbau	60	60	60	60
Anfang Mai	42	180	152	137
Anfang Juni	59	163	140	164

Die Bezahlung der Rübe richtet sich nach Menge und unbereinigtem Zuckergehalt ($^{\circ}$ S oder Polarisationszucker). Die erzielten Ergebnisse sind in Tabelle 4 wiedergegeben.

Der höchste Zuckergehalt wurde mit 80 kg N/ha in Fuchsenbigl und 50 kg N/ha in Rottenhaus mit einer einmaligen KAS-Gabe erreicht. Im Schnitt der Düngungsstufen lag in Fuchsenbigl ASS+DCD, und in Rottenhaus KAS ungeteilt um eine Spur voran, ohne das Signifikanzniveau auch nur annähernd zu erreichen. Erwartungsgemäß fiel der Zuckergehalt mit steigendem N-Angebot. Der bereinigte Zuckergehalt verhielt sich deckungsgleich mit dem unbereinigten Zuckergehalt, so daß es zu folgenden bereinigten Zuckererträgen kam (Tab. 5).

Tabelle 3

Der Rübenenertrag (dt/ha) in Abhängigkeit von Stickstoffformen und -menge bzw. Angebots-termin im Schnitt der drei Versuchsjahre

	0	50	kg N/ha		140	Ø
			80	110		
			Fuchsenbigl			
	514,7	—	—	—	—	—
KAS	—	581,7	592,3	580,2	623,8	594,5
ASS+DCD	—	587,6	634,7	611,6	623,6	614,4
KAS geteilt	—	617,0	<u>629,5</u>	615,1	599,7	<u>615,4</u>
Ø		595,5	<u>619,0</u>	602,3	615,7	
			Rottenhaus			
	506,9	—	—	—	—	—
KAS	—	547,2	565,3	594,7	597,5	576,2
ASS+DCD	—	566,9	559,3	576,4	600,9	575,9
KAS geteilt	—	547,6	584,8	594,8	<u>592,5</u>	<u>580,0</u>
Ø		553,9	569,8	588,7	<u>597,0</u>	
			Fuchsenbigl		Rottenhaus	
GD 5 % für den Objektmittelvergleich			59,1		42,0	
GD 5 % für den N-Formenvergleich			29,5		21,3	
GD 5 % für den N-Stufenvergleich			34,1		24,5	

Tabelle 4

Der unbereinigte Zuckergehalt (in %) in Abhängigkeit von Stickstoffform und -menge bzw. Angebotszeitpunkt im Schnitt von drei Versuchsjahren

	kg N/ha					
	0	50	80	110	140	Ø
Fuchsenbigl						
ON	17,16	—	—	—	—	—
KAS	—	16,80	17,46	16,48	16,43	16,79
ASS+DCD	—	17,11	16,95	16,86	17,02	16,98
KAS geteilt	—	17,09	16,26	16,44	16,45	16,56
Ø		17,00	16,89	16,59	16,63	
Rottenhaus						
ON	17,04	—	—	—	—	—
KAS	—	19,07	18,89	18,63	18,60	18,8
ASS+DCD	—	18,76	18,80	18,74	18,65	18,74
KAS geteilt	—	18,95	18,77	18,72	18,54	18,74
Ø		18,92	18,82	18,70	18,60	
			Fuchsenbigl	Rottenhaus		
GD 5 % für den Objektmittelvergleich			0,82	0,30		
GD 5 % für den N-Formenvergleich			0,41	0,15		
GD 5 % für den N-Stufenvergleich			0,47	0,17		

Tabelle 5

Der bereinigte Zuckerertrag in t in Abhängigkeit von Stickstoffform und -menge bzw. Angebotszeitpunkt im Schnitt von drei Versuchsjahren

	kg N/ha					
	0	50	80	110	140	Ø
Fuchsenbigl						
	8,11	—	—	—	—	—
KAS	—	8,70	9,19	8,43	8,93	8,81
ASS+DCD	—	8,84	9,49	9,06	9,37	9,19
KAS geteilt	—	9,29	8,99	8,86	8,64	8,95
Ø		8,94	9,22	8,78	8,98	
Rottenhaus						
	8,96	—	—	—	—	—
KAS	—	9,47	9,68	10,02	10,07	9,81
ASS+DCD	—	9,64	9,50	9,73	10,14	9,75
KAS geteilt	—	9,37	9,86	10,03	9,87	9,78
Ø		9,49	9,68	9,93	10,03	
			Fuchsenbigl	Rottenhaus		
GD 5 % für den Objektmittelvergleich			0,90	0,67		
GD 5 % für den N-Formenvergleich			0,45	0,33		
GD 5 % für den N-Stufenvergleich			0,52	0,38		

Der höchste bereinigte Zuckerertrag wurde in Fuchsenbigl mit 80 kg N/ha, in Rottenhaus mit 140 kg N/ha als ASS+DCD erreicht. Im Schnitt der Düngungsstufen war ASS+DCD in Fuchsenbigl und KAS in Rottenhaus voran. In Fuchsenbigl reichten 80 kg N/ha, in Rottenhaus praktisch 110 kg N/ha zur Erreichung des Höchstertes an bereinigtem Zucker.

Die hohen Berechnungsmengen 1990 beziehungsweise die ungewöhnlich hohen natürlichen Niederschläge im Mai 1991 in Fuchsenbigl ließen eine besonders gute Wirkung von ASS+DCD erwarten. Diese trat jedoch nicht ein. 1991 lagen die Rüben- und Zuckererträge bei ASS+DCD zwischen, und 1991 knapp unter den KAS-Varianten.

4. Ökonomische Auswertung

Der ökonomischen Auswertung wurden im Februar 1992 erhobene Düngemittelpreise zu Grunde gelegt. Für den zusätzlichen Arbeitsgang bei der geteilten KAS-Gabe wurden 0,7 Stunden/ha jeweils für Traktor, Düngerstreuer und Traktorfürer in Rechnung gestellt.

Für die Berechnung des Roherlöses wurden die dreijährigen Durchschnittserträge mit 500 dt/ha (Fuchsenbigl) und 480 dt/ha (Rottenhaus) auf der Basis des A-Rübenpreises und alle darüber hinausgehenden Mengen auf der Basis des B-Rübenpreises herangezogen (entspricht einer praxisüblichen etwa 20%igen Überlieferung des Grundkontingents). Die in der Kampagne 1991/92 erstmals übliche Verrechnungspolarisation wurde in der Erlösberechnung berücksichtigt (ANONYM 1991).

Von diesen so errechneten Erlösen für jede N-Form/Stufenkombination wurden die verfahrensspezifischen Kosten (das sind die Düngemittelkosten beziehungsweise die Kosten des zusätzlichen Arbeitsganges bei der geteilten N-Gabe) abgezogen. In Tabelle 6 werden die Mehr- beziehungsweise Mindererlöse, die gegenüber der 0-Variante erzielt wurden, dargestellt.

Tabelle 6

Mehr- oder Mindererlöse gegenüber einem Düngerverzicht (in S/ha)

	0	50	kg N/ha		140	Ø
			80	110		
Fuchsenbigl						
KAS	38.954,—	—	—	—	—	—
ASS+DCD	—	1117,—	3045,—	-985,—	225,—	850,—
KAS geteilt	—	<u>3434,—</u>	856,—	252,—	-926,—	<u>904,—</u>
Ø		2201,—	<u>2302,—</u>	84,—	208,—	
Rottenhaus						
KAS	37.666,—	—	—	—	—	—
ASS+DCD	—	6686,—	6571,—	6772,—	6284,—	6578,—
KAS geteilt	—	6203,—	<u>7058,—</u>	6880,—	5687,—	<u>5898,—</u>
Ø		<u>6480,—</u>	6404,—	6413,—	5948,—	

Die Roherlöse schwankten vor allem in Rottenhaus nur innerhalb überraschend enger Grenzen. In Fuchsenbigl erbrachte eine 80 kg N/ha-Gabe mit KAS oder ASS+DCD praktisch gleich hohe Erlöse, die lediglich durch eine 25+25 kg N/ha-Gabe in KAS-Form um rund 400 S/ha übertroffen wurde. Im Schnitt der Düngungsstufen wurden mit ASS+DCD ein um rund 1000 S höherer Roherlös erzielt als mit KAS.

In Rottenhaus waren praktisch 50 kg N/ha als KAS oder Basammon ausreichend und wurden nur von einer 40+40 kg N/ha-Gabe als KAS um rund 400 S/ha übertroffen.

N-Gaben zwischen 50 und 80 kg N/ha erwiesen sich in beiden Klimagebieten als die ökonomisch sinnvollste Aufwandmenge. Darüber hinausgehende N-Gaben führten in Fuchsenbigl zu einem relativ deutlichen Erlösrückgang, in Rottenhaus war dieser Rückgang nur wenig ausgeprägt. Insgesamt betrachtet war eine Stickstoffdüngung in Rottenhaus wesentlich rentabler als in Fuchsenbigl.

Bleibt die Preisrelation zwischen KAS und ASS + DCD in Zukunft erhalten, so wird sich an den Erlösstrukturen auch bei höheren oder niedrigeren Düngemittelpreisen nichts ändern. Entwickeln sich die Preise auseinander, dann wird möglicherweise der KAS-Einsatz ökonomisch sinnvoller, bewegen sie sich zueinander der ASS + DCD-Einsatz. Der Einfluß der Düngemittelpreise auf die Roherlöse muß aber im Vergleich zu den Produktpreisen als gering bezeichnet werden.

5. Diskussion

Über direkte Vergleiche von ASS + DCD mit KAS liegen vorläufig relativ wenige Versuchsergebnisse vor.

ZERULLA und KNITTEL (1991) konnten signifikant höhere Rüben- und Zuckererträge mit ASS + DCD bei gleichem Zuckergehalt im Schnitt von fünf Versuchen gegenüber KAS nachweisen. In mehrjährigen Versuchen von BRENNER (1991) wurden Mehrerträge, aber insbesondere auch Mehrgewinne bei Verwendung von stabilisierten N-Düngern registriert.

In dreijährigen Versuchen von AMBERGER und GUTSER (1987) erbrachten die beiden Düngemittel unabhängig vom N-Niveau praktisch gleiche Rüben- und Zuckererträge. Hingegen berichten HEGE und MUNZERT (1991) von Mindererträgen an bereinigtem Zucker bei einem Vergleich von 100 + 40 kg N als KAS und 100 kg N als Alzon + 40 kg N als KAS.

In den eigenen Versuchen ergaben sich nur tendenzielle Unterschiede bezüglich Rüben- und Zuckergehalt und keine finanziellen Vorteile.

Danksagung

Dem Zuckermforschungsinstitut Fuchsenbigl sei an dieser Stelle für die Durchführung der umfangreichen Qualitätsuntersuchungen herzlich gedankt.

Literatur

- ANONYM, 1991: Österreichs Zuckerwirtschaft führt die individuelle Bezahlung der Zuckerrübe ein! *Agrozucker* 1, 2—11.
- AMBERGER, A., 1986: Potentials of nitrification inhibitors in modern N-fertilizer management. *Z. f. Pflanzenernährung und Bodenkunde* 149, 469—484.
- AMBERGER, A. und R. GUTSER, 1987: Wirkung und Einsatz von Nitrifikationshemmstoffen in Kombination mit Mineraldüngern. *Bayer. Landw. Jb.* 64, 717—726.
- BRENNER, K., 1991: Versuchsergebnisse zur Wirkung stabilisierter Stickstoffdünger auf den Ertrag von Kartoffeln, Mais und Zuckerrübe. Bericht über die Fachtagung „Stabilisierte Stickstoffdünger — ein Beitrag zur Verminderung des Nitratproblems“. Würzburg 15./16. Oktober.
- HAUSER, M. und K. HASSELWANDTER, 1990: Degradation of Dicyandiamide by soil bacteria. *Soil Biol. Biochem.* 22, 113—114.
- HEGE, U. und M. MUNZERT, 1991: Versuchsergebnisse zur Wirkung stabilisierter Stickstoffdünger auf den Ertrag verschiedener landwirtschaftlicher Kulturen. Bericht über die Fachtagung „Stabilisierte Stickstoffdünger — ein Beitrag zur Verminderung des Nitratproblems“. Würzburg 15./16. Oktober.
- ROLL, R., 1991: Zur Toxikologie von Dicyandiamid. Bericht über die Fachtagung „Stabilisierte Stickstoffdünger — ein Beitrag zur Verminderung des Nitratproblems“. Würzburg 15./16. Oktober.

ZERULLA, W., 1991: N_{\min} -Gehalte im Boden nach der Düngung bzw. nach der Ernte. Bericht über die Fachtagung „Stabilisierte Stickstoffdünger — ein Beitrag zur Verminderung des Nitratproblems“. Würzburg, 15./16. Oktober.

ZERULLA, W. und H. KNETTEL, 1991: Ertrag und Qualität von Hackfrüchten nach Anwendung von dicyandiamidhaltigen Düngern. 2. Mitt.: Einfluß auf Zuckerrüben. Agribiol. Res. 44, 283—288.

(Manuskript eingelangt am 15. April 1992, angenommen am 25. Mai 1992)

Anschrift des Verfassers:

Dipl.-Ing. Dr. Michael DACHLER, Landwirtschaftlich-chemische Bundesanstalt, Trunnerstraße 1, 1020 Wien