

Ein Beitrag zum Einsatz des Nitrifikationshemmstoffs Dicyandiamid (DCD) zur Verminderung des Nitratgehaltes in Gemüse

H. MÜLLER und A. WEDLER*)

Eingegangen am 3. 10. 1986 / 14. 4. 1987

Einleitung

Gemüse und Trinkwasser sind die hauptsächlichsten Quellen der Nitratbelastung in der menschlichen Ernährung. Etwa 70 % des aufgenommenen Nitrats stammen vom Gemüseverzehr, das Trinkwasser steuert etwa 20 % zur Gesamt-Nitrataufnahme bei (TREMPE, 1981). Die Diskussion über eine mögliche gesundheitliche Gefährdung des Verbrauchers durch hohe Nitratbelastung hat Bestrebungen ausgelöst, die Nitrataufnahme zu verringern. Mit Inkrafttreten der EG-Richtlinie über die „Qualität des Wassers für den menschlichen Gebrauch“ am 15. August 1985, die nur noch Nitratgehalte bis zu 50 mg/l anstatt des bisher gültigen Grenzwertes von 90 mg/l zuläßt, wurde ein Schritt in diese Richtung getan. In der Bundesrepublik Deutschland gab am 5. Mai 1986 das Bundesgesundheitsamt Richtwerte für zulässige Nitratgehalte in den Nahrungspflanzen Kopfsalat (3000), Spinat (2000) und Rote Rüben (3000 mg/kg Frischmasse) – die als Kulturpflanzen mit hohem Nitratspeichervermögen bekannt sind – heraus (Bundesgesundheitsblatt 29, Nr. 5, S. 167), nachdem die Diät-Verordnung schon vor einiger Zeit den erlaubten Nitratgehalt in Baby-Fertignahrung auf 250 mg/kg begrenzt hatte. Nach der neuen Trinkwasser-Verordnung vom 22. Mai 1986 (Bundesgesetzblatt, Teil I, S. 760) ist der Grenzwert von Nitrat im Trinkwasser auf 50 mg/l festgelegt worden. Er ist damit mit dem EG-Wert identisch.

Der Nitratgehalt in Nahrungspflanzen läßt sich durch entsprechende Kulturmaßnahmen, in erster Linie durch eine restriktive Stickstoffdüngung, herabsetzen. Ertragseinbußen sind aber meistens die Folge. Ebenfalls von Einfluß auf die Höhe des Nitratgehaltes, insbesondere bei denjenigen Nahrungspflanzen, die genetisch bedingt zur Nitratakkumulation neigen (z. B. Spinat und Rote Rüben aus der Familie der Chenopodiaceae), sind Bodenbeschaffenheit, Stickstoffnachlieferungsvermögen des Bodens, Wasserversorgung, Lichtverhältnisse und Temperatur.

Nitrat wird entweder direkt als N-Dünger verabreicht oder durch die im Boden stattfindende Nitrifikation aus dem Ammoniumion gebildet, das entweder direkt mit entsprechenden Mineraldüngern dem Boden zugeführt wird oder aus dem Abbau organischer N-Verbindungen stammt. Der Nitrifikationsprozeß läßt sich nachweislich durch Nitrifikationshemmstoffe im Sinne einer verlangsamten Bereitstellung von Nitrat im Boden inhibieren (RATHSACK, 1978; AMBERGER, 1984), was zwangsläufig innerhalb der Vegetationszeit zu einem verringerten Nitratfluß zur Pflanze und zu einem reduzierten Nitrat-Sickerwasserungsverlust führt. Eine optimale Nitratversorgung der Pflanzen für die Synthese von Proteinen und anderen N-haltigen Verbindungen ohne oder mit nur geringer Nitrat-speicherung in der Pflanze scheint möglich zu sein – wie bereits verschiedentlich festgestellt wurde (KICK und MASSEN, 1973; ROORDA VAN EYSINGA, 1984) – und ist somit neben einer effizienteren Stickstoffdüngung das erklärte Ziel der Anwendung von Nitrifikationshemmstoffen. Zugleich wird von diesen Wirkstoffen erwartet, daß keine oder nur vertretbar geringe Mengen an Rückständen in den zum Verzehr gelangenden Pflanzenteilen

*) Dr. H. MÜLLER und Dr. A. WEDLER, Bundesforschungsanstalt für Ernährung, Engesserstr. 20, D-7500 Karlsruhe

vorhanden sind. Inwieweit der Nitrifikationshemmstoff Dicyandiamid (DCD) diesen Anforderungen gerecht wird, wurde in mehrjährigen Freilandversuchen zu Spinat, Kopfsalat, Feldsalat und Rote Rüben untersucht.

Material und Methoden

Die Versuche wurden 1983–1985 in Geisenheim auf 10 qm-Parzellen sandigen Lehms (sL) durchgeführt. Der Boden war gut mit K_2O , P_2O_5 und MgO versorgt. Sämtlichen Parzellen – mit Ausnahme der Volldüngervarianten – wurde eine Grunddüngung von jährlich 80 kg P_2O_5 /ha als Superphosphat und 160 kg K_2O /ha als Kalimagnesia verabreicht. Der Humusgehalt lag bei 2 %, der pH-Wert bei 7,0. Die N_{min} -Bestimmungen vor Kulturbeginn zeigten 20–30 kg N/ha in der 30 cm-Bodenschicht an. Die Kulturen wurden je nach Bedarf beregnet, das Unkraut mechanisch bekämpft.

Für die N-Düngung wurden eingesetzt: Kalkammonsalpeter (KAS), schwefelsaures Ammoniak (SSA) und die DCD-haltigen Dünger Alzodin und Alzon (SKW Trostberg) sowie NPK-DCD und Ammonsulfatsalpeter-DCD (BASF Ludwigshafen). Die DCD-haltigen Dünger der BASF sind nur für Versuchszwecke hergestellt worden. Über Mengen und Art der Verabreichung der Dünger informieren die Ergebnis-Tabellen.

Folgende Sorten wurden verwendet: Spinat Monnopa, Kopfsalat Mondian, Feldsalat Stamm Cavallo und Rote Rüben Rote Kugel. Erfaßt wurden in den Versuchen die Erträge (von einigen Versuchen in Tab. 1 wiedergegeben), die Nitratgehalte (Tab. 2 und 3), die DCD-Rückstände (Tab. 4 und 5) und die Gesamtstickstoffgehalte.

Nitrat wurde mit der mehrfach modifizierten Xylenol-Methode (ALTEN, WANDROWSKY, HILLE, 1936), DCD mit einer photometrischen Methode (MÜLLER, 1983 und 1986) und Gesamtstickstoff nach der klassischen Kjeldahl-Methode mit $CuSO_4/K_2SO_4/TiO_2$ als Katalysator bestimmt.

Ergebnisse und Diskussion

Bei den nachfolgend diskutierten Untersuchungsergebnissen wird davon ausgegangen, daß eine Stickstoff-Düngung im Bereich von 120 kg N/ha die Regel ist, höhere Aufwandmengen – ökologisch zwar nicht immer vertretbar – im Erwerbsgartenbau aber nicht unüblich sind. Die dadurch zu erzielenden Ertragssteigerungen sind der Tabelle 1 zu entnehmen. Die Erhöhung der Stickstoff-Dünger-Aufwandmenge von 120 auf 180 kg N/ha ist besonders ertragsfördernd, die weitere Erhöhung bringt dagegen häufig keine weiteren Ertragssteigerungen. Bei Kopfsalat muß sogar mit Ertragseinbußen gerechnet werden. Der Einsatz von beiden DCD-haltigen N-Düngern erwies sich bei Spinat generell von Vorteil. Bei Kopfsalat wurde beim 1984 durchgeführten Versuch durch NPK-DCD und bei Feldsalat durch Alzon-22 bei allen 4 Düngungsstufen bzw. durch NPK-DCD nach Gabe von 180 und 240 kg N/ha eine Ertragssteigerung gegenüber KAS-Düngung erreicht. Dieses kann ebenso bei Rote Rüben festgestellt werden, wenn die Erträge der DCD-haltigen Düngungsstufen (mit Ausnahme der Variante 180 kg N/ha Alzon-22) mit denen der KAS-Varianten verglichen werden. Vergleicht man die Erträge bei Kopfsalat und Rote Rüben nach einheitlicher Dünger-Gabe von 120 kg N/ha, die entweder vollständig zu Versuchsbeginn oder geteilt als Start- und Kopfdünger gegeben wurde, so läßt die Verwendung DCD-haltiger Ammonium-Dünger im Vergleich zur SSA- und KAS-Düngung keine Vorteile erkennen. Im selben Maße wie die Erträge stiegen, erhöhten sich die Nitratgehalte (Tab. 2). Das mit Kalkammonsalpeter gedüngte Gemüse wies in beinahe allen Versuchen die niedrigsten Nitratgehalte auf. Die gegenüber KAS-Düngung durch DCD-haltige Dünger mit N-Aufwandmengen von > 60 kg/ha stark erhöhten Nitrat-Werte bei Spinat lassen sich durch die schnellere Verfügbarkeit des KAS-Nitrat-N (bei allerdings auch größerer Auswaschungsmöglichkeit) und dementsprechend rascherem Umsatz des Nitrats in der

Tab. 1

Erträge nach Stickstoff-Düngung (60–240 kg/ha) mit Dicyandiamid (DCD)-haltigen Düngern,
die vor der Aussaat bzw. Auspflanzung ausgebracht wurden
Yields after nitrogen fertilization (60–240 kg/ha) with fertilizers containing dicyandiamide (DCD),
applied prior to sowing or planting

Stickstoff-Düngung kg N/ha ohne/mit DCD-Zusatz	Erträge (dt/ha)					
	Spinat Monnopa		Kopfsalat Mondian ⁵⁾		Rote Rüben Rote Kugel	Feldsalat Stamm Cavallo
	Frühjahr 1984	Herbst 1984	Sommer 1984	Sommer 1985	Herbst 1984	Winter 1984/85
No	19,8	32,0	149,6	95,5	325,6	29,9
60 KAS ¹⁾	58,4	61,4	214,1	213,7	317,2	51,8
120 KAS	103,6	78,0	237,9	248,2	370,2	66,4
180 KAS	145,7	87,2	223,5	255,3	430,1	82,5
240 KAS	170,8	119,4	217,2	255,7	440,5	92,2
GD 5 %	16,4	33,1	39,1	39,0	52,9	37,4
60 ALZON-22 ²⁾	117,1	93,9	200,9	215,5	350,4	67,1
120 ALZON-22	180,9	160,1	222,9	251,8	382,4	96,4
180 ALZON-22	221,5	175,0	230,9	234,4	393,6	119,8
240 ALZON-22	226,7	180,0	211,7	220,4	459,1	150,2
GD 5 %	16,2	35,1	49,3	39,5	107,2	26,4
60 NPK-DCD ³⁾	119,8	80,0	233,0	183,3 ⁴⁾	386,4	51,4
120 NPK-DCD	188,1	134,9	246,9	230,2 ⁴⁾	409,5	63,6
180 NPK-DCD	197,1	161,4	267,4	268,5 ⁴⁾	459,3	130,4
240 NPK-DCD	221,1	160,1	250,6	260,5 ⁴⁾	461,5	157,8
GD 5 %	21,9	55,5	41,9	40,0	89,2	44,4

¹⁾ Kalkammonsalpeter (26 % N)

²⁾ Schwefelsaures Ammoniak mit 10 % DCD (22 % N)

³⁾ Volldünger (12 % N – 5 % P₂O₅ – 18 % K₂O – 3 % MgO); Ammoniumsulfatsalpeter mit 10 % DCD (12 % N)

⁴⁾ Ammoniumsulfatsalpeter mit 10 % DCD (27 % N)

⁵⁾ Als Folgekultur ohne Grunddüngung

Tab. 2

Nitrat-Gehalte von Gemüse nach Stickstoff-Düngung (60–240 kg/ha) mit Dicyandiamid (DCD)-haltigen Düngern, die vor der Aussaat bzw. Auspflanzung ausgebracht wurden
Nitrate content of vegetables after nitrogen fertilization (60–240 kg/ha) with fertilizers containing dicyandiamide (DCD), applied prior to sowing or planting

Stickstoff-Düngung kg N/ha ohne/mit DCD-ZUSatz	Nitratgehalte (mg/kg Frischmasse)					
	Spinat Monnopa		Kopfsalat Mondian ⁵⁾		Rote Rüben Rote Kugel	Feldsalat Stamm Cavallo
	Frühjahr 1984	Herbst 1984	Sommer 1984	Sommer 1985	Herbst 1984	Winter 1984/85
No	55	20	260	165	990	85
60 KAS ¹⁾	220	170	1480	490	1290	65
120 KAS	310	470	1800	1280	1560	70
180 KAS	630	900	1810	1880	2060	100
240 KAS	1360	1170	1990	2250	3020	150
60 ALZON-22 ²⁾	240	550	1610	760	1570	55
120 ALZON-22	1220	1250	1960	1600	1610	55
180 ALZON-22	1940	1830	1960	2090	1990	155
240 ALZON-22	2430	2730	2080	2520	2640	220
60 NPK-DCD ³⁾	390	230	1450	420 ⁴⁾	1200	75
120 NPK-DCD	1330	810	1770	1470 ⁴⁾	1520	35
180 NPK-DCD	2340	2030	2020	1980 ⁴⁾	2530	90
240 NPK-DCD	3170	2990	1970	2400 ⁴⁾	2950	425

¹⁾ Kalkammonsalpeter (26 % N)

²⁾ Schwefelsaures Ammoniak mit 10 % DCD (22 % N)

³⁾ Volldünger (12 % N – 5 % P₂O₅ – 18 % K₂O – 3 % MgO); Ammonsulfatsalpeter mit 10 % DCD (12 % N)

⁴⁾ Ammonsulfatsalpeter mit 10 % DCD (27 % N)

⁵⁾ Als Folgekultur ohne Grunddüngung

Tab. 3

Nitrat-Gehalte von Gemüse nach Stickstoff-Düngung (120 kg/ha) mit Dicyandiamid (DCD)-haltigen Düngern und nach unterschiedlicher Applikation

Nitrate content of vegetables after nitrogen fertilization (120 kg/ha) with fertilizers containing dicyandiamide (DCD) using different applications

Stickstoff-Düngung kg N/ha ohne/mit DCD-Zusatz vor der Aussaat ± Kopfdüngung	Nitratgehalte (mg/kg Frischmasse)			
	Spinat Monnopa		Kopfsalat ⁶⁾ Mondian	Rote Rüben Rote Kugel
	Frühjahr 1983	Frühjahr 1984	Sommer 1983	Herbst 1983
No	80	35	150	2800
120 Nitrophoska permanent ¹⁾ —	440	1310	920	2565
120 SSA ²⁾ —	210	1010	835	2855
60 SSA 60 SSA	1860	2560	1510	2720
120 KAS ³⁾ —	260	1260	1010	3070
60 KAS 60 KAS	1100	1850	1470	2755
120 ALZODIN-10 ⁴⁾ —	710	1960	1455	2430
60 ALZODIN-10 60 ALZODIN-10	1510	2110	1460	2780
120 ALZODIN-20 ⁵⁾ —	250	740	1015	2310
60 ALZODIN-20 60 ALZODIN-20	960	2410	1385	2300
60 SSA 60 ALZODIN-10	1650	2210	1520	2135
60 SSA 60 ALZODIN-20	810	2150	1320	2510

¹⁾ Volldünger (15 % N – 9 % P₂O₅ – 15 % K₂O – 2 % MgO)

²⁾ Schwefelsaures Ammoniak (21 % N)

³⁾ Kalkammonsalpeter (26 % N)

⁴⁾ Schwefelsaures Ammoniak mit 10 % DCD (20 % N)

⁵⁾ Schwefelsaures Ammoniak mit 20 % DCD (22 % N)

⁶⁾ Als Folgekultur ohne Grunddüngung

Pflanze erklären. Die in Tabelle 3 zusammengefaßten Ergebnisse von Versuchen mit gleicher N-Aufwandmenge von 120 kg/ha lassen einen positiven Effekt des DCD am ehesten bei Spinat und Rote Rüben erkennen. Das den doppelten DCD-Gehalt aufweisende Alzodin-20 zeigte sich wirksamer als Alzodin-10.

Günstig im Hinblick auf eine Reduzierung der Nitratgehalte hat sich eine zweigeteilte Alzodin-Gabe bzw. eine Alzodin-Kopfdüngung nach Startdüngung mit schwefelsaurem Ammoniak (SSA) erwiesen, wie der Vergleich mit der DCD-freien SSA-Variante zeigt. Eine Kopfdüngung mit DCD-haltigen Ammoniumdüngern hat jedoch erhöhte Rückstände an Dicyandiamid zur Folge (Tab. 5), worüber erst später diskutiert wird. Neben den Erträgen können auch die ermittelten Gesamtstickstoff-Gehalte zur Beurteilung der angewandten Düngungsmaßnahmen herangezogen werden. Bei allen angebaute Kulturen erhöhte sich mit steigender N-Aufwandmenge der Gesamtstickstoff-Gehalt unabhängig von der Zusammensetzung des Düngers. Nach der üblichen Berechnungsformel Rohprotein-Gehalt = Gesamt-N-Gehalt \times 6,25 ergibt sich daraus eine Erhöhung des Rohprotein-Gehaltes. Diese entspricht jedoch nicht immer einer Erhöhung des wahren Protein-Gehaltes, da auch andere stickstoffhaltige Verbindungen vermehrt gebildet werden. Geteilte Düngergaben haben ebenfalls erhöhte Gesamt-N-Gehalte zur Folge, die hauptsächlich bei Spinat, Kopfsalat und Rote Rüben zu erkennen waren (vgl. auch SCHUPHAN, 1961).

Den vierten Schwerpunkt dieser Untersuchungen bildeten die DCD-Rückstandsanalysen. Bisher war eine zuverlässige Beurteilung der nach Anwendung DCD-haltiger Dünger zu erwartenden Rückstandssituation nicht möglich, denn es sind lediglich Ergebnisse von Gefäßversuchen mit Spinat (MÜLLER, 1983) und Getreide (VILSMEIER, 1984) bekannt. Die jetzt nach mehrjährigen Freilandversuchen vorliegenden Daten (Tab. 4 und 5) lassen nun eine bessere Vorhersage über zu erwartende Rückstände zu. Sie werden sich bei den Blattgemüsearten Spinat, Kopfsalat und Feldsalat unterhalb von 5 mg/kg bewegen, wenn die DCD-haltigen Dünger vor der Aussaat oder vor dem Auspflanzen ausgebracht werden. Nach Kopfdüngung sind dagegen hohe Rückstandswerte zu erwarten, wie der in unseren Versuchen bei Spinat nachgewiesene Maximalwert von 68 mg/kg andeutet. In einem 1981 mit Spinat durchgeführten Gefäßversuch (MÜLLER, 1983) wurden sogar Rückstände von maximal 178 mg DCD/kg Spinat nachgewiesen.

Rote Rüben (Knolle und Blätter) waren im Gegensatz zu den Blattgemüsearten selbst nach einer Kopfdüngung frei von DCD-Rückständen. Hier zeigt sich der Einfluß der langen Kulturzeit, die zum quantitativen Abbau des Wirkstoffs im Boden vor Ausbildung der Knolle auszureichen scheint. Der relativ rasche Abbau des Dicyandiamids im Boden führt über Guanylharnstoff, Guanidin und Harnstoff zum Ammoniumion (RATHSACK, 1955), das dann selbst im Boden zum Nitrations umgewandelt, von der Pflanze aufgenommen und zur Proteinsynthese verwertet wird, wie sich mit Hilfe der ^{15}N -Isotopenanalyse in den einzelnen Fraktionen der N-Verbindungen nach Einsatz des ^{15}N -markierten DCD nachweisen ließ (MÜLLER, 1983). Gelegentlich wurde nach DCD-Anwendung eine Erhöhung der Nitratgehalte in den Nahrungspflanzen beobachtet, wie von verschiedener Seite (MÜLLER, 1983; OERTL, 1984) berichtet wurde. Dieser Effekt tritt vornehmlich bei hohen Temperaturen auf und kann zur Zeit noch nicht eindeutig erklärt werden. Die Pflanzen scheinen dagegen nicht oder nur in ganz begrenztem Maße befähigt zu sein, aufgenommenes DCD zu metabolisieren. Diese Aussage ist zumindest für die Spinatpflanze (MÜLLER, 1983) und die Weizenpflanze (Vilsmeier, 1984) erlaubt, bei der mit Hilfe der ^{15}N -Markierung kein Abbau nachgewiesen werden konnte.

Zusammenfassend läßt sich feststellen, daß die Anwendung von Mineraldüngern, die den Nitrifikationshemmstoff Dicyandiamid enthalten, sich unter unseren Versuchsbedingungen nur als von Vorteil auf die Höhe der Erträge, jedoch nicht auf die Qualität der Produkte mit dem Beurteilungsparameter Nitratgehalt erwiesen hat. Über diese Dünger ist

Tab. 4

Dicyandiamid (DCD)-Rückstände nach Anwendung von DCD-haltigen Düngern (60–240 kg N/ha)
Dicyandiamide (DCD) residues after application of fertilizers containing DCD (60–240 kg N/ha)

Stickstoff-Düngung kg N/ha mit DCD-haltigem Dünger	DCD-Rückstände (mg/kg Frischmasse)					
	Spinat Monnopa		Kopfsalat Mondian		Rote Rüben Rote Kugel	Feldsalat Stamm Cavallo
	Frühjahr 1984	Herbst 1984	Sommer 1984	Sommer 1985	Herbst 1984	Winter 1984/85
60 ALZON-22 ²⁾	0,6–0,8	1,1–1,6	0,6–0,7	0,2	< NWG*)	1,4
120 ALZON-22	0,6–0,8	1,4–2,2	0,5–0,7	0,4	< NWG	1,7
180 ALZON-22	3,1–3,3	1,0–2,4	0,5–0,7	0,6	< NWG	1,4
240 ALZON-22	0,6–1,0	1,4–1,7	0,9–1,0	0,7	< NWG	1,3
60 NPK-DCD ³⁾	0,5–0,8	0,8–1,4	0,3–0,5	0,3 ⁴⁾	< NWG	2,0
120 NPK-DCD	0,3–0,5	1,1–1,4	0,3–1,1	0,3 ⁴⁾	< NWG	1,8
180 NPK-DCD	0,4	1,6–1,8	0,3–0,4	0,4 ⁴⁾	< NWG	1,9
240 NPK-DCD	1,3–1,9	1,2–(9,9)**)	0,3–0,4	1,1 ⁴⁾	< NWG	1,7

²⁾ Schwefelsaures Ammoniak mit 10 % DCD (22 % N)

³⁾ Volldünger (12 % N – 5 % P₂O₅ – 18 % K₂O – 3 % MgO); Ammonsulfatsalpeter mit 10 % DCD (12 % N)

⁴⁾ Ammonsulfatsalpeter mit 10 % DCD (27 % N)

*) Nachweisgrenze (NWG) = 0,2 mg/kg

***) in Spinat einer Parzelle nachgewiesener Maximalwert

Tab. 5

*Dicyandiamid (DCD)-Rückstände nach Anwendung von DCD-haltigen Düngern (120 kg N/ha),
verabreicht als Start- und/oder Kopfdünger*

*Dicyandiamide (DCD) residues after application of fertilizers containing DCD (120 kg N/ha),
applied prior to beginning of trials and/or used as top-dressing*

Stickstoff-Düngung kg N/ha mit DCD-haltigem Dünger vor der Aussaat ± Kopfdüngung			DCD-Rückstände (mg/kg Frischmasse)			
			Spinat Monnopa		Kopfsalat Mondian	Rote Rüben Rote Kugel
			Frühjahr 1983	Frühjahr 1984	Sommer 1983	Herbst 1983
120 ALZODIN-10 ⁴⁾	—	0,6– 0,7	1,2– 1,7	0,5– 1,4	< NWG*)	
60 ALZODIN-10	60 ALZODIN-10	17,2–21,4	2,2– 6,9	1,6– 6,7	< NWG	
120 ALZODIN-20 ⁵⁾	—	1,1– 2,9	1,0– 1,1	0,7– 0,8	< NWG	
60 ALZODIN-20	60 ALZODIN-20	8,3– 8,9	3,3–13,3	2,8– 8,8	< NWG	
60 SSA ²⁾	60 ALZODIN-10	18,8–23,5	7,6–29,0	3,2–12,3	< NWG	
60 SSA	60 ALZODIN-20	31,4–68,0	7,9–22,2	8,7–19,8	< NWG	

²⁾ Schwefelsaures Ammoniak (21 % N)

*) Nachweisgrenze (NWG) = 0,2 mg/kg

⁴⁾ Schwefelsaures Ammoniak mit 10 % DCD (20 % N)

⁵⁾ Schwefelsaures Ammoniak mit 20 % DCD (22 % N)

nichts Nachteiliges zu sagen, wenn von einer Verwendung zur Kopfdüngung bei Spinat, Kopfsalat, Feldsalat und wahrscheinlich auch noch anderen Gemüsearten abgeraten wird, da diese zu relativ hohen Gehalten an eingelagertem Dicyandiamid führen kann. Es scheint zwar aus toxikologischer Sicht ($LD_{50} > 10$ g/kg Körpergewicht bei Ratten) keine Bedenken zur Anwendung von Dicyandiamid im Gartenbau und in der Landwirtschaft (SKW, 1981) zu geben, man sollte jedoch bei der Erzeugung von Nahrungsmitteln anstreben, sie möglichst frei von Fremdstoff-Rückständen zu halten.

Hinsichtlich der im Bundesgesundheitsblatt 29, Nr. 5 veröffentlichten Richtwerte '86 für Nitrat in Gemüse läßt sich feststellen, daß der für Spinat festgelegte Richtwert von 2000 mg NO_3^- /kg Frischmasse nach einmaliger Düngergabe nur bei N-Aufwandmengen von ≥ 180 kg N/ha, nach zweigeteilter Düngergabe jedoch schon bei 120 kg N/ha überschritten wurde. Im Falle von Kopfsalat verblieben die Nitratgehalte unter dem Richtwert von 3000 mg/kg. Bei Rote Rüben wurde lediglich bei 2 Varianten der Richtwert von 3000 mg/kg geringfügig überschritten.

Zusammenfassung

In Freilandversuchen mit Spinat, Kopfsalat, Feldsalat und Rote Rüben wurde der Einfluß des Nitrifikationshemmstoffs Dicyandiamid (DCD), der Bestandteil verschiedener Mineraldünger war, auf die Erträge sowie die Gesamtstickstoff- und Nitratgehalte untersucht. Außerdem wurden die Rückstände an Dicyandiamid bestimmt.

Durch die Anwendung von DCD wurden verschiedentlich höhere Erträge erzielt.

Die Nitratgehalte waren in einigen Versuchen nach Düngung mit Kalkammonsalpeter niedriger als nach Anwendung DCD-haltiger Dünger. Eine Reduzierung der Nitratgehalte wurde lediglich durch geteilte Gabe von Alzodin (schwefelsaures Ammoniak + DCD) bzw. nach Startdüngung mit schwefelsaurem Ammoniak und Kopfdüngung mit Alzodin erreicht. Der Anstieg der Gesamtstickstoff-Gehalte infolge erhöhter Dünger-Aufwandmengen war unabhängig vom verwendeten Dünger.

Die DCD-Rückstände in Spinat, Kopfsalat und Feldsalat lagen gewöhnlich unterhalb von 5 mg/kg, wenn die DCD-haltigen Dünger vor der Aussaat oder vor dem Auspflanzen gegeben wurden. Die Anwendung dieser Dünger zur Kopfdüngung hatte dagegen hohe DCD-Gehalte zur Folge, die bei Spinat bis zu 68 mg/kg reichten. Rote Rüben waren dagegen stets frei von DCD-Rückständen.

Summary

MÜLLER, H. und WEDLER, A.: *Ein Beitrag zum Einsatz des Nitrifikationshemmstoffs Dicyandiamid (DCD) zur Verminderung des Nitratgehaltes in Gemüse (A contribution to the application of the nitrification inhibitor dicyandiamide (DCD) to the reduction of the nitrate content of vegetables).*

Landwirtsch. Forsch. **40**, 1987

The influence of the nitrification inhibitor dicyandiamide (DCD) as a component of different mineral fertilizers on yield and total nitrogen and nitrate contents of spinach, cabbage lettuce, lamb's lettuce and beetroot was investigated in field trials. Residues of dicyandiamide were also determined.

Increased yields resulting from the application of DCD were observed differently. In some trials the nitrate contents of vegetables were lower after fertilization with calcium carbonate/ammonium nitrate than after application of fertilizer containing DCD.

A reduction of nitrate content was obtained only by giving divided doses of Alzodin (ammonium sulphate + DCD) or by applying ammonium sulphate prior to sowing or planting and using Alzodin as top-dressing.

The increase in total nitrogen produced by higher amounts of fertilizer is independent of the kind of fertilizer used.

The DCD residues in spinach, cabbage lettuce and lamb's lettuce were usually below 5 mg/kg, if the fertilizer containing DCD was added prior to sowing or planting. The application of these fertilizers as top-dressing, however, resulted in high DCD-residues, which reached 68 mg/kg in spinach. Beetroot, on the other hand, never contained DCD residues.

Literatur

ALTEN, F., WANDROWSKY, B. und HILLE, E.: Die Bestimmung des Nitratstickstoffes in Pflanzensubstanzen. Z. Pflanzenernähr. Bodenkd. **1** (46), 340–348, 1936

AMBERGER, A.: Wirkung und Einsatzmöglichkeiten des Nitrifikationshemmstoffes Dicyandiamid. Symp. „Nitrifikationshemmstoffe“, Weihenstephan, Okt. 1983. VDLUFA-Schriftenreihe, Heft 11, 22–47, 1984

KICK, H. und MASSEN, G. G.: Der Einfluß von Dicyandiamid und N-Serve in Verbindung mit Ammoniumsulfat als N-Dünger auf die Nitrat- und Oxalsäuregehalte von Spinat (*Spinacea oleracea*). Z. Pflanzenernähr. Bodenkd. **135**, 220–226, 1973

MÜLLER, H.: Wirkung und Metabolismus des Nitrifikationshemmstoffes Dicyandiamid in Gefäßversuchen mit Spinat. Landwirtsch. Forsch. **36**, 18–26, 1983

MÜLLER, H.: Photometrische Bestimmung von Dicyandiamid in Pflanzen. Landwirtsch. Forsch. **39** (1–2), 20–23, 1986

OERTLI, J. J.: Der Einsatz des Nitrifikationshemmers Didin zur Herabsetzung der Nitratgehalte in Gemüsen. Symp. „Nitrifikationshemmstoffe“, Weihenstephan, Okt. 1983. VDLUFA-Schriftenreihe, Heft 11, 145–156, 1984

RATHSACK, K.: Über Umsetzungsprodukte des Cyanamids im Boden. Landwirtsch. Forsch. **7**, Sh. 6, 116–123, 1955

RATHSACK, K.: Die nitrifizide Wirkung des Dicyandiamids. Landwirtsch. Forsch. **31**, 347–358, 1978

ROORDA VAN EYSINGA, J. P. N. L.: Einige Erfahrungen mit der Anwendung von Nitrifikationshemmern im Unterglasgemüsebau. Symp. „Nitrifikationshemmstoffe“, Weihenstephan, Okt. 1983. VDLUFA-Schriftenreihe, Heft 11, 157–170, 1984

SCHUPHAN, W.: Zur Qualität der Nahrungspflanzen, S. 83–90, BLV Verlagsgesellschaft München, Bonn, Wien 1961

SKW Trostberg, Produktinformation vom 28. 10. 1981

TREMP, E.: Die Belastung der schweizerischen Bevölkerung mit Nitraten in der Nahrung. Mitt. Lebensm. Untersuchung Hyg. **71**, 182–194, 1981

VILSMEIER, K.: Stickstoffbilanz von ¹⁵N-Ammoniumsulfat mit Dicyandiamid und ¹⁵N-Dicyandiamidaufnahme durch Hafer und Weizen in Gefäßversuchen. Symp. „Nitrifikationshemmstoffe“, Weihenstephan, Okt. 1983. VDLUFA-Schriftenreihe, Heft 11, 97–107, 1984