

Nitrificatieremmers

Dr. ir. J van der Boon en ir. G. Lebbink - Instituut voor Bodemvruchtbaarheid te Haren (Gr.)

Hoge nitraatgehaltes in groente kunnen de gezondheid in gevaar brengen. Ter bescherming van de consument zijn krachtens de Warenwet normen gesteld met betrekking tot het nitraatgehalte van sla, spinazie en andijvie. Onder lichtarme omstandigheden in de winter is het nitraatgehalte van groentegewassen in de kasteelt veelal groter dan gewenst. Een vermindering van het nitraatgehalte is te realiseren door het aanbod van stikstof in de vorm van nitraat en dus de nitraatopname te beperken. Een bemesting met stikstof in de vorm van ureum of een ammoniumzout biedt geen soelaas. Ureum wordt doorgaans snel omgezet in ammoniumcarbonaat dat vervolgens net als ammoniummeststof wordt geoxideerd tot nitraat door de nitrificerende bacteriën. De snelheid waarmee deze oxidatie plaatsvindt is afhankelijk van de zuurgraad, maar in de meeste gronden doorgaans zo snel dat stikstof in ammoniumvorm een kort leven is beschoren. Een mogelijkheid om het nitraataanbod in de grond te verminderen ligt in het gebruik van stoffen die de nitraatvorming remmen (lit. 1, 2). Het effect van de toevoeging van vier nitrificatieremstoffen aan grond werd getoetst in een viertal grondsoorten die voor de teelt van groente onder glas van belang zijn. Dit gebeurde in twee incubatieproeven op het laboratorium. Vervolgens werd het effect van het gebruik van remstoffen op opbrengst, kwaliteit en nitraatgehalte van andijvie en sla in een pottenproef in de kas nagegaan.

Uitvoering van de proeven

Als grondsoorten werden gebruikt een licht humeuze zandgrond (ob), kalkrijk duinzand (dz), venige klei (vk) en lichte zavel (lz) (zie tabel 1). De vier te toetsen remstoffen waren: N-Serve (nitrapyrin; 2-chloor-6-

(trichloormethyl)-pyridine); dicyaandiamide (DCD); $\text{NH}=\text{C}(\text{NH}_2)\text{-HN-CN}$; AM (2-amino-4-chloor-6-methylpyridine) en AAterra (ethridiazol; 5-ethoxy-3-(trichloormethyl)1,2,4-thiadiazol). Gemakshalve worden deze remstoffen voortaan aangeduid als resp. NS, DCD, AM en AA. Het Japanse produkt AM wordt veel toegepast in de rijstteelt als nitrificatieremmer; AA is een fungicide.

De eerste incubatieproef in het laboratorium werd uitgevoerd met grond ob. In één oplossing werden de remstoffen tegelijk met ammoniumsulfaat (za) of ureum (ur) toegediend en door de grond gemengd. De stikstof werd in een hoeveelheid van 100 mg N per kg vochtige grond gegeven, de remstoffen NS en DCD in doseringen 0, 2, 4, 8, 16 en 32 mg per kg vochtige grond en de remstoffen AM en AA in doseringen van 0, 1, 2, 4, 8 en 16 mg per kg vochtige grond.

De grond werd in potjes, afgedekt met zuurstofdoorlatend folie ter voorkoming van uitdroging, weggezet in het donker bij 20°C. Periodiek tot zes weken werd de hoeveelheid stikstof in grond in de vorm van ammonium, nitraat en nitriet gemeten. De resultaten voor nitraat zijn samengevat in tabel 2.

De tweede incubatieproef in het laboratorium betrof alle vier grondsoorten. Het aantal doseringen per middel was teruggebracht naar twee, voor NS en AA 2,42 mg (1) en 19,36 mg (2) per liter potgrond, voor DCD en AM 4,84 mg (3) en 38,72 mg (4) per liter potgrond.

De incubatieduur voor de grondsoorten dz, lz en vk bedroeg 6 weken bij een temperatuur van 20°C, voor ob 12 weken bij twee temperaturen namelijk 10°C en 20°C. Na 6 en 12 weken werd de hoeveelheid ammonium, nitraat en nitriet in grond gemeten. De

Tabel 1 Karakterisering van de grondsoorten

Grondsoort	Organische stof (%)	Afslibbaar < 16µm (%)	pH-H ₂ O	CaCO ₃ (%)
Licht humeuze zandgrond (ob)	2.6	7	5.5	0.0
Kalkrijk duinzand (dz)	0.6	2	7.9	5.2
Venige klei (vk)	11.0	51	6.4	0.1
Lichte zavel (lz)	4.5	16	6.6	1.9

Tabel 2 Nitraatgehalte van de zandgrond na 6 weken incuberen, uitgedrukt als percentage van de minerale stikstof (ammonium + nitraat + nitriet)

Dosering (mg/kg)	NS		DCD		AM		AA	
	za	ur	za	ur	za	ur	za	ur
NS DC	AM AA							
0	0	100	100	100	100	100	100	100
2	1	32	18	100	100	100	87	77
4	2	10		97		100	83	
8	4	6	7	93	58	100	93	52
16	8	4		39		97	16	
32	16	4	5	11	10	88	77	9

resultaten zijn voor nitraat samengevat in tabel 3.

Bespreking van de resultaten van de incubatieproeven

De uitkomsten van de nitrietbepalingen zijn niet in de tabellen opgenomen; in ongeveer 5% van de onderzochte grondmonsters werden spoortjes nitriet aangetroffen tot een maximum van 1 mg nitriet-N per kg grond. Uit tabel 2 blijkt dat NS de meest effectieve remstof is. Lage doseringen zijn al voldoende om de nitraatvorming gedurende 6 weken op een laag niveau te houden. Ook de fungicide AA toont zich een goede nitrificatierepmer. AM geeft bij de hoogste dosering pas een geringe remming, DCD neemt een tussenpositie in; met hoge doseringen is de nitraatvorming te onderdrukken. Het effect van de remstoffen op de nitraatvorming is iets groter als in plaats van zwavelzure ammoniak ureum als stikstofmeststof is gegeven.

Uit de resultaten van de tweede incubatieproef (zie tabel 3) blijkt dat toediening van remstoffen op ob en lz een goed effect sorteert. De beste remstof is NS gevolgd door AA en DCD. Het effect van AM op de nitrificatie is nihil. Verlaging van de incubatietemperatuur van 20°C naar 10°C versterkt het effect van de remstoffen, opvallend hierbij is de sterk toegenomen remming door DCD. Verlaging van de temperatuur in de grond leidt tot een verlaging van de biologische activiteit, met andere woorden het tempo waarmee nitraat wordt gevormd, alsook de microbiële afbraak van de remstof is lager. In venige klei geeft alleen de hoogste dosering van NS een redelijke remming van de nitrificatie. Wellicht speelt het hoge gehalte aan organische stof hierbij een rol. Het gebruik van remstoffen in duinzand met pH-water van 7,9 leverde geen zinnige resultaten op. Nitraatvorming vond amper plaats en stikstofverlies bij deze pH door vervluchtiging van ammoniak vertroebelde het beeld.

Pottenproef met andijvie en sla

In twee kasproeven werd het effect van de toepassing van nitrificatierepmerstoffen op andijvie en sla nagegaan. De proef met andijvie van het

ras Malan RS viel in de periode 6 april tot 2 juni 1982 met hoge lichtinstraling, de proef met sla van het ras Leona RL vond plaats in de periode 24

september tot 15 november 1982 onder betrekkelijk lichtarme omstandigheden bij een kastemperatuur die niet beneden 15°C kwam, waardoor

Tabel 3 Nitraatgehalte uitgedrukt als percentage van de minerale stikstof (ammonium + nitraat + nitriet)

Incubatie-d.: Temperatuur: Grondsoort:	6 wk 20°C		6 wk 10°C		12 wk 20°C		10°C						
	venige klei		lichte zavel		licht		humeuze zandgrond						
Meststof													
Middel	Conc.	za	ur	za	ur	za	ur	za	ur	za	ur	za	ur
NS	1	100	100	33	36	20	17	17	15	13	13	4	9
	2	30	34	10	10	15	14	10	14	15	12	13	3
AA	1	100	100	73	75	52	47	30	25	99	99	32	29
	2	88	82	17	16	15	14	14	15	15	12	3	3
DCD	3	100	100	100	99	40	41	17	17	98	99	10	10
	4	100	100	100	99	35	32	16	15	91	99	13	5
AM	3	100	100	99	99	100	100	100	100	100	100	100	100
	4	100	100	99	99	100	100	98	100	100	100	100	100

Tabel 4 Effect van nitraat en zwavelzure ammoniak met en zonder remstof op de groei, opbrengst en nitraatgehalte van andijvie en ammoniumgehalte in grond (hoogste trap remstof; 0,8 g N/pot)

	Meststof		Remstof			
	nitraat	za	NS	DCD	AM	AA
Licht humeuze zandgrond						
%NH ₄ in N-min	0	0	100	73	0	100
Opbr. (g versgew)	175	189	279	228	185	352
NO ₃ -geh. (mg kg ⁻¹ vers)	19	97	15	53	73	16
Bladrandverbr.	0	0	0	+++	0	0
Rand	+++	++	0	0	++	0
Kleur	g	g	dg	g	g	g
Duinzand						
%NH ₄ in N-min	mineraal stikstofgehalte nihil					
Opbr. (g versgew)	299	289	185	48	308	259
NO ₃ -geh. (mg kg ⁻¹ vers)	422	52	18	78	25	9
Bladrandverbr.	0	0	0	+++	0	0
Rand	+	+	0	+	0	0
Kleur	g	g	g	g	g	g
Venige klei						
%NH ₄ in N-min	0	0	79	5	2	16
Opbr. (g versgew)	259	273	272	259	272	275
NO ₃ -geh. (mg kg ⁻¹ vers)	1044	1573	129	877	1089	716
Bladrandverbr.	0	0	0	0	0	0
Rand	+++	+++	0	+++	++	+++
Kleur	g	dg	dg	g	g	dg
Lichte zavel						
%NH ₄ in N-min	2	2	97	14	1	77
Opbr. (g versgew)	118	55	192	82	42	245
NO ₃ -geh. (mg kg ⁻¹ vers)	340	806	70	2902	1005	190
Bladrandverbr.	0	0	0	+	0	0
Rand	+	0	0	0	0	++
Kleur	g	g	dg	dg	g	dg

+ = gering
++ = matig
+++ = ernstig

g = groen
dg = donkergroen

het gewas vroegtijdig moest worden afgeogst. Andere proeven in dezelfde kas maakten deze relatief hoge temperatuur noodzakelijk. De remstoffen werden tegelijk met de stikstof in één oplossing door de grond gemengd in doseringen die voor NS en AA 0; 2,42; 9,69; en 19,38 mg per liter vochtige grond bedroegen en voor DCD en AM het dubbele hiervan. Per pot met een inhoud van 6,4 liter grond werd 1 plantje gezet. De hoeveelheid stikstof die als za of ureum werd toegediend bedroeg 0,4 en 0,8 g N per pot. Als vergelijking diende een bemesting met kalksalpeter in hoeveelheden van 0,2; 0,4; 0,6 en 0,8 g N per pot.

Tijdens de groei werd het gewas beoordeeld op afwijkingen en groei-stoornissen. Als opbrengst gold het versgewicht van de krop. Het gehalte aan nitraat in de krop werd gemeten. In de grond werd een ammonium- en een nitraatbepaling uitgevoerd. Alleen van de objecten waar de hoogste stikstofgift is toegepast en de hoogste dosering van de remstof werd gegeven, zijn de resultaten samengevat in tabel 4 voor andijvie en voor sla in tabel 5.

Bespreking van de resultaten van de kasproeven met andijvie en sla

Uit de hoeveelheid ammoniumstikstof in de grond aan het eind van de proef, uitgedrukt in procenten van het totaal mineraal stikstofgehalte blijkt dat het effect van de remstoffen op de nitrificatie in beide proeven ongeveer gelijk is geweest. Ten aanzien van de werking van de remstoffen komt hetzelfde beeld naar voren als uit de incubatieproeven. Na de teelt van andijvie wordt in duinzand vrijwel geen minerale stikstof gevonden; na de teelt van sla is dit nog wel het geval. Wellicht heeft de grotere watergift tijdens de teelt van sla verlies van stikstof door vervluchtiging van ammoniak voorkomen.

Groei-afwijkingen in andijvie

Met uitzondering van vk treedt op alle andere grondsoorten bladrandverbranding op na gebruik van DCD. Het betreft hier vooral de oudste bladeren. Rand in de jongere bladeren in het hart van de plant treedt vooral op waar veel nitraat in de grond aanwe-

zig is. Waar NS is toegepast, treedt het niet op. Opname van ammoniumstikstof door de plant leidt tot een stijvere plant die donkergroen van kleur is.

Opbrengst en nitraatgehalte van andijvie

Met uitzondering van vk treden grote verschillen op in opbrengst tussen de verschillende objecten. Op ob leidt ammoniumbemesting in combinatie met een effectieve remstof tot een hogere opbrengst. De toepassing van NS maar vooral van DCD resulteert in een lagere opbrengst in dz. Op vk zijn de opbrengstverschillen gering. Gemiddeld wordt de laagste opbrengst gevonden op lz waar met ammoniumstikstof is bemest, met uitzondering van de objecten

waar NS en AA zijn toegepast. Het nitraatgehalte in het gewas is laag en blijft in alle gevallen ver beneden de norm van 4000 mg per kg versgewicht voor andijvie. De oorzaak van dit zeer lage gehalte ligt in de sterke lichtinstraling tijdens de groeiperiode, waardoor een sterke fotosynthese plaatsvond en veel nitraat werd geassimileerd.

Groei-afwijkingen in sla

De toepassing van NS leidt tot verdraaiing van het blad en ernstige bladverbranding op drie van de vier grondsoorten. DCD veroorzaakt bladverbranding in dz. Waar NS is toegepast heeft het gewas een donkergroene kleur met uitzondering van vk. De andere remstoffen geven alleen een donkergroen gewas op dz.

Tabel 5 Effect van nitraat en za met en zonder remstof op de groei, opbrengst en nitraatgehalte in sla en ammoniumgehalte in grond (hoogste trap remstof; 0,8 g N/pot)

	Meststof		Remstof			
	nitraat	za	NS	DCD	AM	AA
Licht humeuze zandgrond						
% NH ₄ in N-min	1	1	87	26	0	88
Opbr. (g versgew)	104	87	24	73	93	85
NO ₃ -geh (mg kg ⁻¹ vers)	4080	4079	405	3355	4007	1633
Bladdraaiing	0	0	+++	+	0	+
Bladverbr.	0	0	+++	0	0	0
Kleur	g	g	dg	g	lg	g
Duinzand						
% NH ₄ in N-min	0	0	92	95	0	88
Opbr. (g versgew)	103	87	7	11	83	73
NO ₃ -geh (mg kg ⁻¹ vers)	4095	3885	366	519	3400	435
Bladdraaiing	0	0	0	0	0	+
Bladverbr.	0	0	++	++	0	0
Kleur	lg	g	dg	dg	dg	dg
Venige klei						
% NH ₄ in N-min	1	0	60	0	0	29
Opbr. (g versgew)	100	98	55	93	101	97
NO ₃ -geh (mg kg ⁻¹ vers)	4292	4373	1755	4278	4460	3121
Bladdraaiing	0	0	++	0	0	0
Bladverbr.	0	0	0	0	0	0
Kleur	g	g	g	g	g	g
Lichte zavel						
% NH ₄ in N-min	0	0	71	0	0	70
Opbr. (g versgew)	107	97	11	96	101	115
NO ₃ -geh (mg kg ⁻¹ vers)	4564	4844	2279	4350	4463	2460
Bladdraaiing	0	0	+	0	0	0
Bladverbr.	0	0	+++	0	0	0
Kleur	g	g	dg	g	g	g

+ = gering
++ = matig
+++ = ernstig

lg = lichtgroen
g = groen
dg = donkergroen

Opbrengst en nitraatgehalte in sla

De toepassing van NS leidt op alle vier grondsoorten tot een lage opbrengst. Vooral waar bladverbranding optreedt, is de opbrengst laag. Dit is ook het geval bij DCD in dz. Waar de toepassing van remstoffen heeft geleid tot een sterk verlaagde nitraatvorming in de grond is het nitraatgehalte in het gewas laag en ver beneden de norm van 5000 mg per kg versgewicht kassla. De relatief goede opbrengst waar AA is toegepast, maakt het moeilijk om de lage opbrengst bij gebruik van NS uitsluitend toe te schrijven aan het hoge ammoniumstikstofgehalte in de grond; immers AA is eveneens een goede remstof. Omdat de combinatie NS en nitraat ontbreekt is niet vast te stellen of er inderdaad van een direct toxisch effect van het middel sprake is.

Conclusies

Door gebruik van nitrificatieremstof is het mogelijk de nitraatvorming in grond te remmen of te voorkomen. Er is een groot verschil in werkzaamheid tussen de remstoffen.

De effectiviteit van de remstof is afhankelijk van de fysische en chemische eigenschappen van de grond zoals zuurgraad, textuur en organische-stofgehalte en van de biologische activiteit; zij is derhalve moeilijk voorspelbaar.

In gronden waar door een hoge pH de kans op stikstofverliezen door vervluchtiging van ammoniak bij bemesting met een ammoniummeststof aanwezig is, is het gebruik van nitrificatieremmers af te raden.

Van de getoetste remstoffen bieden N-Serve en AAterra de beste perspectieven, mits ze tegelijk met de meststof door de grond worden gemengd.

DCD veroorzaakt bladverbranding in andijvie en sla. Een permanent hoog aanbod van ammoniumstikstof aan sla geeft draaiing van de bladeren en bladverbranding en maant tot voorzichtigheid bij de toepassing van effectieve remstoffen.

N.B.: Het middel DCD is in de handel verkrijgbaar. AAterra heeft een toelating als fungicide, doch niet in de sla-teelt.

Het gebruik van N-Serve en AM is in Nederland nog niet toegestaan.

Meer onderzoek is nog gewenst over het lot van de remstoffen, niet alleen omtrent de afbraak in de grond maar ook over mogelijke opname door gewassen.

Samenvatting

De remming van de nitrificatie door vier nitrificatieremmers werd onderzocht aan vier grondsoorten die voor de groenteteelt onder glas van belang zijn.

In een incubatieproef met licht humeuze zandgrond in het laboratorium werd met N-Serve en AAterra de beste remming verkregen. In een soortgelijke incubatieproef met drie grondsoorten voldeed N-Serve als remstof in alle gevallen, AAterra in twee gevallen en DCD slechts in een geval. Het effect van DCD liep snel terug bij een bodemtemperatuur boven de 10°C. Het product AM bleek onwerkzaam.

In potproeven in de kas werd onderzoek verricht naar de gevolgen van de toepassing van remstoffen op andijvie en sla bij bemesting met ammoniumstikstof en ureum. Een direct toxisch effect van DCD in de vorm van bladverbranding werd gevonden in andijvie en incidenteel in sla.

De combinatie van N-Serve met ammoniumstikstof bij sla veroorzaakte draaiing van de bladeren en bladverbranding resulterend in een zeer lage opbrengst.

Literatuur

1. Boon, J. van der en H. Niers, 1980: Nitrificatieremmers (Beperkte literatuurstudie). Inst. Bodemvruchtbaarheid, Nota 80.
2. Kerkhoff, P. en J. H. G. Slangen, 1980: Nitrificatie-remstoffen in land- en tuinbouw. Vakgroep Bodemkunde en Bemestingsleer, Landbouwhogeschool, Wageningen, Interne Meded. 54.

Verlaging van nitraatgehalten in bladgroenten is mogelijk!

Ir. M. Blom-Zandstra - Centrum voor Agrobiologisch Onderzoek te Wageningen

Onaanvaardbaar hoge nitraatgehalten in bladgroenten geven aanleiding tot bezorgdheid vanuit volksgezondheidkundig oogpunt. Wanneer de overheid strakke normen gaat hanteren, kan dit voor telers grote verliezen in hun inkomsten gaan betekenen. Voor de teelt op watercultures ziet de toekomst er echter niet zo somber uit. Uit recent onderzoek op

het CABO is gebleken, dat er mogelijkheden zijn om het nitraatgehalte op vrij eenvoudige wijze te verlagen.

Al sinds enkele jaren wordt op brede schaal onderzoek gedaan naar een methode om 's winters het nitraatgehalte in verschillende bladgroenten te verlagen. Langzamerhand begint de tijd te dringen. Per 1 oktober 1982

heeft de overheid maximaal toelaatbare nitraatgehalten vastgesteld. Voor spinazie en andijvie mag, ongeacht de teeltwijze, het nitraatgehalte niet boven de 4000 mg per kg versgewicht uitkomen. Ook voor sla, geteeld in de volle grond, geldt deze norm. Voor kassla geldt sinds 1 juli 1983 een grenswaarde van 5000 mg NO₃ per kg versgewicht (Steiner,