CODEN: IBBRAH (9-84) 1-63 (1984)

INSTITUUT VOOR BODEMVRUCHTBAARHEID

RAPPORT 9-84

WERKZAAMHEID VAN VIER NITRIFICATIEREMMERS IN KASGROND

Verslag van de proeven IB 6410, 6422, 6423 en 6424

With a summary: Effectiveness of four nitrification inhibitors in greenhouse soils

door

J. VAN DER BOON en G. LEBBINK

1984

Instituut voor Bodemvruchtbaarheid, Oosterweg 92, Postbus 30003, 9750 RA Haren (Gr.)

Inst. Bodemvruchtbaarheid, Rapp. 9-84 (1984) 63 pp.

TABEL 1. Nitraat-N als percentage van het totale gehalte aan minerale N in een incubatieproef met vier remmers en twee stikstofmeststoffen op een licht humeuze zandgrond.

TABLE 1. Nitrate-N as a percentage of the total mineral-N content in an incubation experiment with four inhibitors and two nitrogen fertilizers in a sandy soil.

Remstof-concentratie, mg/l potgrond	1 week		2 weken		3 weken		4 weken		5 weken		6 weken	
	za*	u**	za	u	za	u	za	u	za	u	za	u
Nitrapyrin												
0	41	68	96	97	90	97	99	100	100	100	100	100
2	10	8	15	9	17	8	19	14	28	15	32	18
4	9		9		9		14		13		10	
8	6	5	7	7	6	6	6	7	7	8	6	7
16	5		6		4		5		6		4	
32	5	4	4	5	4	4	3	5	6	6	4	5
DCD												
0	17	22	16	23	50	95	74	88	93	100	100	100
2	12	16	22	34	34	65	58	93	82	100	100	100
4	12		17		28		57		75		97	
8	10	8	16	14	25	15	48	29	64	44	93	58
16	9		13		15		16		28		39	
32	7	5	7	7	8	6	9	7	11	10	11	10
AM												
0	29	53	80	88	93	97	100	100	100	100	100	100
1	32	33	65	78	90	97	100	100	100	100	100	100
2	22		34		52		95		97		100	
4	14	11	21	21	33	26	69	52	97	67	100	93
8	11		17		27		50		75		97	
16	10	6	15	10	23	17	43	30	66	49	88	77
AAterra												
0	34	56	71	94	97	98	100	100	100	100	100	100
1	10	10	17	15	24	21	43	37	62	54	87	77
2	9		15		22		50		58		83	
4	9	6	12	-	16	10	27	14	37	18	52	21
8	8		9		9		14		15		16	
16	8	4	7	7	9	5	10	6	11	8	9	7

*za = zwavelzure ammoniak **u = ureum

* nitrapyrin en AAterra in een concentratie van 2,42 en 19,36 mg werkzame stof/liter grond,
* dicyaandiamide en AM in een concentratie van 4,84 en 38,72 mg werkzame stof/liter grond.

De laatste twee middelen werden in een hogere concentratie toegediend, omdat ze in proef IB 6410 een zwakkere werking vertoonden.

Ook hier werden zwavelzure ammoniak en ureum gegeven, nu in een hoeveelheid van 100 mg N/liter potgrond. Omdat we hier te maken hadden met grondsoorten met een verschillend soortelijk gewicht, werden de hoeveelheden per volume-eenheid gegeven. De hoeveelheid van 100 mg N/liter grond komt overeen met een bemesting van 200 kg N/ha bij een bouwvoor van 20 cm dikte.

De potjes werden in het donker gezet, die van proef 2A bij 10 en 20 ^{0}C, en die van proef 2B bij 20 ^{0}C. Na drie en zes, en voor 2A ook na negen en twaalf weken, werden steeds potjes "geofferd", waarin de hoeveelheid minerale stikstof in de vorm van ammonium en nitraat werd bepaald. Bij proef 2A werd na zes en twaalf weken tevens het nitrietgehalte gemeten in de potjes zonder meststof, met meststof zonder remstof, en in de potjes met meststof en de hoogste concentratie remstof.

Voor elke grondsoort werd voor de tijdstippen direct na mengen, na drie weken, na zes weken en na twaalf weken de standaardafwijking van de gevonden stikstofgehalten berekend. Hierbij werd aangenomen dat de verschillen in mest- en remstoffen geen invloed op de standaardafwijking hadden gehad. Voor de nitraatbepalingen na negen weken ontbreekt de standaardafwijking, omdat toen de metingen niet herhaald zijn en deze dus niet kon worden berekend.

3.2. Resultaten

De resultaten van proef 2A zijn samengevat in tabel 2A en 2B. Tabel 3 geeft de resultaten van proef 2B weer.

3.2.1. Vergelijking van twee temperaturen

Bij 10 ^{0}C (tabel 2A) gaf, naast nitrapyrin en AAterra in de hogere concentratie, ook DCD een sterke en langdurige remming van de nitraatvorming. Uit tabel 2B blijkt dat bij 20 ^{0}C nitrapyrin in beide concentraties en AAterra alleen in de hoge concentratie goed werkten, en dat DCD tekort

3. INVLOED VAN TEMPERATUUR EN GRONDSOORT OP DE WERKZAAMHEID VAN VIER NITRIFICATIEREMMERS (IB 6424)

Deze proef was een vervolg op proef IB 6410 en was opgedeeld in twee delen.

Proef 2A. In dezelfde grond als in proef IB 6410 is de invloed van de temperatuur op de werking van de remstoffen nagegaan. Er werd gekozen voor een temperatuur van 10 en 20 ^{0}C. Om wat meer van het effect op langere termijn te weten te komen, werd tot en met 12 weken gemeten.

Proef 2B. In deze proef werd onderzocht hoe de nitrificatie verloopt in andere grondsoorten. Om deze proef niet te uitgebreid te laten worden,werd het aantal tijdstippen van meten beperkt tot drie, te weten bij inzet van de proef en na drie en zes weken, en is het aantal concentraties per middel teruggebracht tot twee.

3.1. Proefopzet

Voor proef 2A is de licht humeuze zandgrond gekozen vanwege de lage pH, waardoor een groter effect van de remstoffen kon worden verwacht. Voor proef 2B zijn 4 grondsoorten gebruikt: licht humeuze zandgrond (pH-KCl 5,78), venige klei (pH-KCl 6,35), kalkrijk duinzand (pH-KCl 8,79) en lichte zavel (pH-KCl 7,01) (zie tabel 4).

Ook hier bleek dat tijdens de opslag door mineralisatie en nitrificatie veel minerale stikstof in de vorm van nitraat ontstond. Daarom werd de grond voor de proef uitgespoeld en aan de lucht gedroogd. Na droging werd op gevoel bepaald hoeveel water er per liter potgrond moest worden toegevoegd om in de verschillende grondsoorten weer een normale, voor nitrificatie gunstige, vochtigheid te verkrijgen. In deze hoeveelheden werden de remstoffen en de meststoffen opgelost, en wel zó dat ze de gewenste concentraties in de grond zouden geven.

Dezelfde middelen als in proef IB 6410 werden toegepast in de volgende concentraties:

TABEL 2A. Nitraat-N als percentage van het totale gehalte aan minerale stikstof in een incubatieproef bij 10 °C met vier remmers en twee stikstofmeststoffen op een licht humeuze zandgrond.
TABLE 2A. Nitrate-N as a percentage of the total mineral-N content in an incubation experiment at 10 °C with four inhibitors and two nitrogen fertilizers in a sandy soil.

Remstof-concentratie, mg/l grond	Direct na menging		3 weken		6 weken		9 weken		12 weken	
	za	u	za	u	za	u	za	u	za	u
Geen remstof	19	21	94	99	100	100	99	99	100	100
Nitrapyrin										
2, 42			13	12	17	15	16	14	4	9
19, 36			12	10	14	14	13	14	13	3
AAterra										
2, 42			20	18	30	25	30	32	32	29
19, 36			11	11	14	15	13	13	3	3
DCD										
4, 84			13	13	17	17	17	17	10	10
38, 72			11	11	16	15	15	14	13	5
AM										
4, 84			56	93	100	100	99	100	100	100
38, 72			60	94	98	100	99	99	100	100
st.afw.	2,68		2,70		0,90		-		1,88	

TABEL 2B. Nitraat-N als percentage van het totale gehalte aan minerale stikstof in een incubatieproef bij 20 °C met vier remmers en twee stikstofmeststoffen op een licht humeuze zandgrond.
TABLE 2B. Nitrate-N as a percentage of the total mineral-N content in an incubation experiment at 20 °C with four inhibitors and two nitrogen fertilizers in a sandy soil.

Remstof-concentratie, mg/l potgrond	Direct na menging		3 weken		6 weken		9 weken		12 weken	
	za	u	za	u	za	u	za	u	za	u
Geen remstof	19	21	100	99	100	100	99	99	100	100
Nitrapyrin										
2, 42			17	15	20	17	18	17	13	13
19, 36			14	12	15	14	15	12	15	12
AAterra										
2, 42			25	20	52	47	90	93	99	99
19, 36			14	12	15	14	15	12	15	12
DCD										
4, 84			20	17	40	41	74	89	98	99
38, 72			19	15	35	32	71	71	91	99
AM										
4, 84			97	96	100	100	99	99	100	100
38, 72			99	99	100	100	99	99	100	100
st.afw.	2,68		1,65		1,10		-		3,45	

schoot. In de gebruikte concentraties bleek van een remming door AM niets. In geen van de onderzochte gevallen werd nitriet aangetoond.

3.2.2. Vergelijking van vier grondsoorten

Wat direct opvalt, zijn de vreemde resultaten bij kalkrijk duinzand (tabel 3). Bij de hoge pH heeft geen nitrificatie plaatsgehad. Alleen bij de bemesting met za, zonder remstof, werd na 6 weken 33% nitraat gemeten. Dit is waarschijnlijk toe te schrijven aan de pH-verlagende werking van deze meststof. Door het vrijwel ontbreken van nitrificatie was het dus niet mogelijk nitrificatieremmers op deze grond te toetsen. Wat niet door de tabel wordt weergegeven, is dat bij ureumbemesting maar een deel van de gegeven stikstof in de vorm van ammonium werd teruggevonden. Dit kan het gevolg zijn van remming van urease op deze grond of van het vervluchtigen van NH_3.

In de drie andere grondsoorten verliep de nitrificatie wél goed. Zonder remstoffen werd al binnen drie weken alle toegevoegde stikstof geoxydeerd tot nitraat.

Het effect van de remstoffen kan van grond tot grond erg verschillen. De Japanse remstof AM was op alle gronden onwerkzaam. DCD had veelal een onvoldoende werking. Op humeuze zandgrond en lichte zavel, werkten nitrapyrin en AAterra in de hoge concentratie goed. DCD had nog het beste effect op humeuze zandgrond, maar was ook hier niet voldoende werkzaam. Op venige klei voldeed alleen de hoge dosering van nitrapyrin. Het blijkt dat het in de remming van de nitrificatie niet uitmaakte of er met ureum of za werd bemest.

3.2.3. Conclusie van proef IB 6424

Het effect van remstoffen op de nitrificatie blijkt sterk afhankelijk te zijn van temperatuur en grondsoort. In kalkrijke zandgrond, met een hoge pH, vond geen nitrificatie plaats, zodat de remmers daar niet waren te toetsen.

Nitrapyrin remde de nitrificatie goed in de andere drie onderzochte gronden. Bij venige klei was echter een voldoend hoge concentratie vereist.

AAterra was alleen in de hoge dosering goed werkzaam op lichte zavel en oud bouwland.

TABEL 3. Nitraat-N als percentage van het totale gehalte aan minerale stikstof in een incubatieproef met vier remmers, twee stikstofmeststoffen en vier grondsoorten.
TABLE 3. Nitrate-N as a percentage of the total mineral-N content in an incubation experiment with four inhibitors, two nitrogen fertilizers and four soil types.

Remstof-concentratie, mg/l potgrond	Direct na menging		3 weken		6 weken		Direct na menging		3 weken		6 weken	
	za	u	za	u	za	u	za	u	za	u	za	u
	Licht humeuze zandgrond						*Venige klei*					
Geen remstof	19	21	100	99	100	100	51	54	100	100	100	100
Nitrapyrin												
2, 42			17	15	20	17			100	88	100	100
19, 36			13	11	14	13			22	17	30	24
AAterra												
2, 42			25	20	52	47			100	100	100	100
19, 36			14	12	15	14			69	61	88	82
DCD												
4, 84			20	17	40	41			100	100	100	100
38, 72			19	15	35	32			100	100	100	100
AM												
4, 84			97	96	100	100			100	100	100	100
38, 72			99	99	100	100			100	100	100	100
st.afw.	2,68		2,70		0,90		1,71		1,73		1,33	
	Kalkrijk duinzand						*Lichte zavel*					
Geen remstof	1	0	0	0	33	0	12	13	100	100	100	99
Nitrapyrin												
2, 42			0	0	1	0			15	20	33	36
19, 36			0	0	0	0			7	9	10	10
AAterra												
2, 42			0	0	0	0			24	24	73	75
19, 36			0	0	0	0			9	12	17	16
DCD												
4, 84			0	0	0	0			70	69	100	99
38, 72			0	0	0	0			65	73	100	99
AM												
4, 84			0	0	0	5			100	100	99	99
38, 72			0	0	0	4			100	100	99	99
st.afw.	5,20		0		3,53		1,00		4,58		2,00	

Het onbemeste object en de behandelingen met 0,2 en 0,6 g N/pot in de vorm van nitraat waren in tweevoud aanwezig. De nitraatbemesting van 0,8 g N per pot diende als controle voor de andere objecten en was achtmaal herhaald. Alle overige behandelingen waren in vier herhalingen aanwezig. Op de drie overige grondsoorten werd het effect van de nitrificatieremmers minder uitgebreid bestudeerd. Kalkrijk duinzand, venige klei en lichte zavel werden bemest met zwavelzure ammoniak naar 0,8 g N per pot. Van de remstoffen waren alleen de laagste en hoogste van de hierboven genoemde hoeveelheden genomen.

4.2. *Uitvoering van de proef*

Bij de aanvang van de proef werden enkele relevante eigenschappen van de potgrond bepaald. Deze, en tevens de hoeveelheid grond welke per pot werd toegediend, staan vermeld in tabel 4. De grote verschillen in grondsoorten zijn duidelijk af te lezen uit de gehalten aan slib, organische stof en aan calciumcarbonaat. Per pot werd als basisbemesting gegeven: 1,5 g P_2O_5 als dubbelsuper, 0,75 g K_2O als zwavelzure kali en 0,25 g MgO als kieseriet.

Op 6 april 1983 werd de andijvie, ras Malan R.S., op de potten uitgeplant. De planten stonden in een matig verwarmde kas. De temperatuurinstelling was 5 ^{0}C 's nachts en 7 ^{0}C overdag, maar de temperatuur kon op zonnige dagen oplopen tot 22 ^{0}C. Tijdens de teelt is het gewas driemaal beoordeeld op aantasting van de bladrand en van de bladeren in het hart van de plant. Ook werden cijfers gegeven voor de stand en de kleur. Na een teeltduur van 58 dagen werd op 2 juni geoogst.

Grondonderzoek op minerale N had plaats aan het begin en aan het eind van de teelt. Per object werd het gewas bij de oogst bemonsterd en geanalyseerd op totaal-N en op nitraat.

TABEL 4. Enkele eigenschappen van de vier grondsoorten. Hoeveelheid grond per pot.
TABLE 4. Relevant properties of four soil types. Weight of soil per pot.

Grondsoort	Vulgew., kg dr. gr./pot	Org.st., %	Slib (<16µm), %	pH	$CaCO_3$, %	NH_4, mmol/ l extr.	NO_3, mmol/ l extr.
Oud bouwlandzand	8.5	2.5	6	6.1	0.1	0.3	0.7
Kalkrijk duinzand	9.3	0.5	3	8.0	5.9	0.3	0.2
Venige klei	5,8	11.0	54	6.5	0.2	0.3	0.4
Lichte zavel	7.5	4.1	13	6.9	1.8	0.3	0.5

4.3. Resultaten met andijvie

Voor de meeste gewaskenmerken waren de effecten van grondsoort, remmersoort en remmerhoeveelheid en de interacties daartussen statistisch betrouwbaar (bijlage 1). In bijlage 2 zijn de gemiddelde gewaskenmerken weergegeven voor de combinaties van grondsoort, remmersoort en -hoeveelheid. Ter vereenvoudiging hebben de tabellen in de verdere tekst alleen betrekking op de gegevens met de hoogste stikstofgift en remmerhoeveelheid. Deze cijfers zijn vaak representatief of illustratief voor het geheel. Zo niet, dan wordt dit nader toegelicht.

4.3.1. Ammonium- en nitraatgehalte v.d. grond aan het einde van de teelt

Tabel 5 en tabel 6 geven resp. een overzicht van de minerale stikstof in de grond aan het eind van een proef, en het percentage ammonium daarin als maatstaf voor de remming van de nitrificatie. De hier vermelde gehalten geven geen zuiver inzicht in de mate van remming van de nitrificatie, dit als gevolg van de stikstofopname door het gewas, en mogelijk ook van ammoniakvervluchting. Zoals verwacht mocht worden, waren de N-mingehalten aan het eind van de teelt aanzienlijk lager dan in de uitgangstoestand. Bij gebruik van zwavelzure ammoniak, en ook enigermate bij ureum, werden na afloop lagere gehalten gevonden dan na toediening van nitraat. Bij zwavelzure ammoniak met remstof waren de gehalten meestal lager dan die zonder remstof. Dit zou een gevolg kunnen zijn van een betere opname van stikstof in de ammoniumvorm.

TABEL 5. N-min in de grond (mg/kg droge grond) aan het begin en eind van de proef met andijvie op vier grondsoorten, bij de hoogste remstofconcentratie en de hoogste N-gift van 0,8 g N/pot.

TABLE 5. Mineral-N in four soils at start and end of endive experiment. Means for highest inhibitor concentration and highest N dressing (0,8 g N/pot).

Grondsoort	Meststof							
	nitraat		zwavelzure ammoniak					
	geen remstof		geen remstof		nitrapyrin	DCD	AM	AAterra
	begin teelt	eind teelt	begin teelt	eind teelt				
Oud bouwlandzand	139	47	103	15	9	11	26	2
Kalkr. duinz.	91	15	74	0	0	11	0	0
Ven. klei	151	63	121	41	33	19	59	25
Lichte zavel	127	63	94	50	63	58	81	26
	Meststof							
			ureum					
Oud bouwlandzand			91	55	12	30	61	5

TABEL 6. Percentage NH_4 van N-min bij begin en eind van de andijvieteelt op vier grondsoorten, bij de hoogste remstofconcentratie en de hoogste N-gift van 0,8 g N/pot.

TABLE 6. Ammonium-N as a percentage of mineral-N in four soils at start and end of endive experiment. Means for highest inhibitor concentration and highest N-dressing (0,8 g N/pot).

Grondsoort	Meststof							
	nitraat		zwavelzure ammoniak					
	geen remstof		geen remstof		nitrapyrin	DCD	AM	AAterra
	begin teelt	eind teelt	begin teelt	eind teelt				
Oud bouwlandzand	0	0	83	0	100	73	0	100
Kalkr. duinz.	0	0	97	-	-	100	-	-
Ven. klei	0	0	77	0	79	5	2	16
Lichte zavel	0	2	85	2	97	14	1	77
	Meststof							
			ureum					
Oud bouwlandzand			76	0	100	100	0	100

De stikstofhuishouding op kalkrijk duinzand gaf een zeer afwijkend beeld. Met remstof bleef er van de gift zwavelzure ammoniak weinig over, zeer waarschijnlijk door de vervluchtiging van ammoniak. Ook zonder remstof verdween veel stikstof. Op venige klei en lichte zavel is minder stikstof verdwenen. Uit tabel 6 volgt dat de nitrificatie door nitrapyrin goed werd geremd. Op venige klei moest echter wel voldoende worden gedoseerd. DCD werkte alleen op oud bouwlandzandgrond in voldoende mate. Over de remmende werking op duinzandgrond valt weinig te zeggen vanwege het lage N-mineraalgehalte van de grond. AM bleek in deze proef de nitrificatie nauwelijks te remmen. AAterra werkte goed op oud bouwlandzand en redelijk op lichte zavel. Bij gebruik van ureum als meststof leek de remming van de nitrificatie door drie van de vier gebruikte remmers nog iets sterker.

4.3.2. Ontwikkeling van het gewas. Groeiafwijkingen

De stand van het gewas werd op drie data beoordeeld: 6 mei, 19 mei en op 1 juni 1982, de dag voor de oogst. De ontwikkeling van het gewas was op de lichte zavel maar matig, er kwam nogal wat uitval voor. De oorzaak is niet te achterhalen. Mogelijk veroorzaakte de hoge pH in de grond, ondanks de vrij hoge basisgift aan fosfaat, een tekort aan beschikbaar fosfaat. Ook kan de vrij slechte structuur als gevolg van uitspoelen en drogen van de grond van invloed zijn geweest. Er was een duidelijke reactie op stikstof. Bij behandelingen zonder stikstofbemesting bleef de gewasontwikkeling sterk achter. Op de vier gebruikte grondsoorten was nu eens de ene remstof wat beter, dan de andere. Op oud bouwlandzand stonden gemiddeld AAterra en nitrapyrin bovenaan, op kalkrijk duinzand AAterra en AM, op venige klei waren de verschillen gering en op lichte zavel was AAterra duidelijk de beste (tabel 7). Op oud bouwlandzandgrond bleef de groei aanvankelijk achter waar de hogere concentratie aan remstof was gegeven, behalve bij AAterra. Aan het eind van de teelt was dit veel minder duidelijk het geval.

TABEL 7. Stand* van het gewas andijvie op 1 juni 1982, op vier grondsoorten, bij de hoogste remstofconcentratie en de hoogste N-gift van 0,8 g/pot.
TABLE 7. Visual stand scores for endive on 1 June 1982 on four soils. Means for highest inhibitor concentration and highest N dressing (0.8 g N/pot.

Grondsoort	Meststof					
	nitraat,	zwavelzure ammoniak				
	geen remstof	geen remstof	nitrapyrin	DCD	AM	AAterra
Oud bouwlandzand	6,50	6,75	8,00	7,00	6,50	8,25
Kalkr. duinz.	7,50	8,00	7,00	3,25	8,75	7,75
Ven. klei	7,63	7,50	7,75	7,25	7,00	7,75
Lichte zavel	5,25	3,00	5,00	4,50	2,50	6,25

	Meststof				
	ureum				
Oud bouwlandzand	6,50	8,00	4,75	6,25	8,75

*) 0 = geen gewas meer aanwezig; 8 = goed gewas

TABEL 8. Beoordeling van de kleur* van andijvie op 1 juni 1982, op vier grondsoorten, bij de hoogste remstofconcentratie en de hoogste N-gift van 0,8 g/pot.
TABLE 8. Colour ratings for endive on 1 June 1982 on four soils. Means for highest inhibitor concentration and highest N-dressing (0.8 g N/pot).

Grondsoort	Meststof					
	nitraat,	zwavelzure ammoniak				
	geen remstof	geen remstof	nitrapyrin	DCD	AM	AAterra
Oud bouwlandzand	2,63	2,75	4,00	3,50	2,75	3,25
Kalkr. duinz.	3,38	3,00	3,00	3,25	3,00	3,25
Ven. klei	3,38	4,00	4,00	3,50	3,75	4,25
Lichte zavel	2,88	3,50	4,75	4,00	2,75	4,25

	Meststof				
	ureum				
Oud bouwlandzand	2,25	4,50	4,75	2,75	3,75

*) 1 = licht van kleur; 5 = donker van kleur

Van de vier grondsoorten leverde venige klei gemiddeld een gewas met de donkerste kleur groen op (tabel 8) en kalkrijk duinzand en oud bouwlandzand een gewas met de lichtste kleur. Zwavelzure ammoniak gaf een donkerder kleur aan het gewas dan nitraat, behalve op kalkrijk duinzand waar verlies aan stikstof door ammoniakvervluchtiging kan hebben plaatsgevonden. Ook zonder remstof was de kleur met zwavelzure ammoniak wat donkerder dan met nitraat. De nitrificatiesnelheid in de potgrond was blijkbaar zodanig, dat het gewas nog een beduidende hoeveelheid ammoniumstikstof kon opnemen. Toenemende concentratie aan remstof gaf, over het geheel gezien, een donkerder kleur aan het gewas, waarschijnlijk door een langere beschikbaarheid van stikstof in ammoniumvorm. Op kalkrijk duinzand daarentegen veranderde de kleur niet of werd wat lichter, mogelijk door versterkte verdwijning van stikstof in ammoniakvorm bij de hogere remstofconcentratie. Reeds vrij vroeg in de teelt werd verbranding van de bladrand van de eerste bladeren geconstateerd. Het bleek samen te hangen met de toepassing van DCD (zie tabel 9).

TABEL 9. Schattingscijfers voor bladrandverbranding in andijvie op 1 juni 1982 op vier grondsoorten, bij de hoogste remstofconcentratie en de hoogste N-gift van 0,8 g/pot.

TABLE 9. Leaf burning scores for endive on 1 June 1982 on four soils. Means for highest inhibitor concentration and highest N dressing (0.8 g N/pot).

Grondsoort	Meststof					
	nitraat,	zwavelzure ammoniak				
	geen remstof	geen remstof	nitrapyrin	DCD	AM	AAterra
Oud bouwlandzand	0	0	0	2,0	0	0
Kalkr. duinz.	0	0,3	0,3	3,0	0	0,3
Ven. klei	0	0	0,5	0	0,8	0
Lichte zavel	0	0	0	1,5	0	0

	Meststof				
	ureum				
Oud bouwlandzand *)	0	0	2,8	0,3	0

*) 1 = lichte aantasting; 3 = vrij zware aantasting

De verbranding nam toe met de concentratie van de remstof. De laagste concentratie gaf geen verbranding. Op venige klei was de verbranding het geringst, op kalkrijk duinzand het sterkst.

Bij de beoordeling van rand in het hart van de plant komt naar voren dat bij nitraatbemesting meer rand in het blad is opgetreden dan bij aanbod van ammonium (zie o.a. tabel 10)

TABEL 10. Schattingscijfers*) voor rand in het hart van de andijvieplant op 1 juni 1982 op vier grondsoorten, bij de hoogste remstofconcentratie en de hoogste N-gift van 0,8 g/pot.
TABLE 10. Tipburn ratings for endive on 1 June 1982 on four soils. Means for highest inhibitor concentration and highest N dressing (0,8 g N/pot).

Grondsoort	Meststof					
	nitraat,	zwavelzure ammoniak				
	geen remstof	geen remstof	nitrapyrin	DCD	AM	AAterra
Oud bouwlandzand	2,63	1,75	0	0,25	1,50	0
Kalkr. duinz.	0,63	0,75	0	1,00	0	0,25
Ven. klei	2,38	2,25	0	2,50	1,25	2,75
Lichte zavel	1,75	0,50	0,25	0,50	0,75	2,25

	Meststof				
	ureum				
Oud bouwlandzand	2,50	0	0,50	2,00	0,75

*) 1 = lichte aantasting; 3 = vrij zware aantasting

Op oud bouwlandzand en deels op venige klei nam het rand af met toenemende concentratie aan remstof, m.a.w. bij toenemend aanbod van ammonium, maar voor AM op oud bouwlandzand was de invloed van de concentratie nihil. AM gaf het meeste rand en nitrapyrin het minste op oud bouwland. Met AAterra was er veel rand op venige klei en lichte zavel. Wat de vier grondsoorten betreft, werd het meeste rand gevonden op venige klei en het minste op kalkrijk duinzand.

4.3.3. Opbrengst van het gewas

De opbrengst van de andijvie bleef op de lichte zavel duidelijk achter vergeleken met die op de andere drie grondsoorten (tabel 11 en 12). Dit wordt o.a. toegeschreven aan de slechte structuur van de zavel na het uitspoelen en drogen. Met nitraatbemesting nam de opbrengst toe op alle vier grondsoorten. Met 0,6 g N/pot werd de maximale opbrengst bereikt. Zwavelzure ammoniak gaf op lichte zavel een beduidend lagere opbrengst dan nitraat; ook ureum bleef achter in opbrengst.

Onverklaarbaar is dat met AAterra op deze grond praktisch weer een normale opbrengst bereikt werd (fungicidewerking?). Ook op de drie andere grondsoorten stond AAterra wat opbrengst betreft bovenaan of hoorde tot de beste. Op oud bouwland stond AM onderaan, evenzo op venige klei en lichte zavel. Wat de concentratie aan remstof betreft, bleek de hogere concentratie aan DCD op oud bouwlandzand een verlaging van de opbrengst te geven en op kalkrijk duinzand een zeer sterke verlaging. Ook met nitrapyrin werd op kalkrijk duinzand niet de beste opbrengst verkregen.

TABEL 11. Vers gewicht (g) van andijviekrop, geteeld op vier grondsoorten, bij de hoogste remstofconcentratie en de hoogste N-gift van 0,8 g/pot.

TABLE 11. Fresh weight (g) of endive on four soils. Means for highest inhibitor concentration and highest N dressing (0.8 g N/pot).

Grondsoort	Meststof					
	nitraat, geen remstof	zwavelzure ammoniak				
		geen remstof	nitrapyrin	DCD	AM	AAterra
Oud bouwlandzand	175	189	279	228	185	352
Kalkr. duinz.	299	289	185	48	308	259
Ven. klei	259	273	272	259	227	275
Lichte zavel	118	55	192	82	42	245
	Meststof					
		ureum				
Oud bouwlandzand		174	300	120	184	367

TABEL 12. Droog gewicht (g) van andijviekrop, geteeld op vier grondsoorten, bij de hoogste remstofconcentratie en de hoogste N-gift van 0,8 g/pot.
TABLE 12. Dry weight (g) of endive on four soils. Means for highest inhibitor concentration and highest N dressing (0.8 g N/pot).

Grondsoort	Meststof					
	nitraat, geen remstof	zwavelzure ammoniak				
		geen remstof	nitrapyrin	DCD	AM	AAterra
Oud bouwlandzand	16,7	16,7	20,8	17,4	16,5	25,6
Kalkr. duinz.	21,3	24,9	16,6	3,8	25,7	22,1
Ven. klei	20,1	20,9	20,7	20,1	17,9	22,6
Lichte zavel	10,8	4,4	15,0	5,4	3,5	20,4
	Meststof					
		ureum				
Oud bouwlandzand		16,4	22,1	9,6	16,7	27,2

Met toenemende nitraatbemesting nam het percentage drogestof in het gewas af. Op venige klei met een hoog humusgehalte was het drogestofgehalte van andijvie gemiddeld het laagst (tabel 13). Het gemiddeld effect van de remstoffen was wisselend. Behalve op oud bouwlandzand leidde het gebruik van AAterra tot een hoog drogestofgehalte. Er was een tendens dat in bepaalde combinaties van remstof en grondsoort het drogestofgehalte van andijvie afnam naarmate de concentratie aan remstof hoger was.

4.3.4. Stikstof- en nitraatgehalte van de andijviekrop

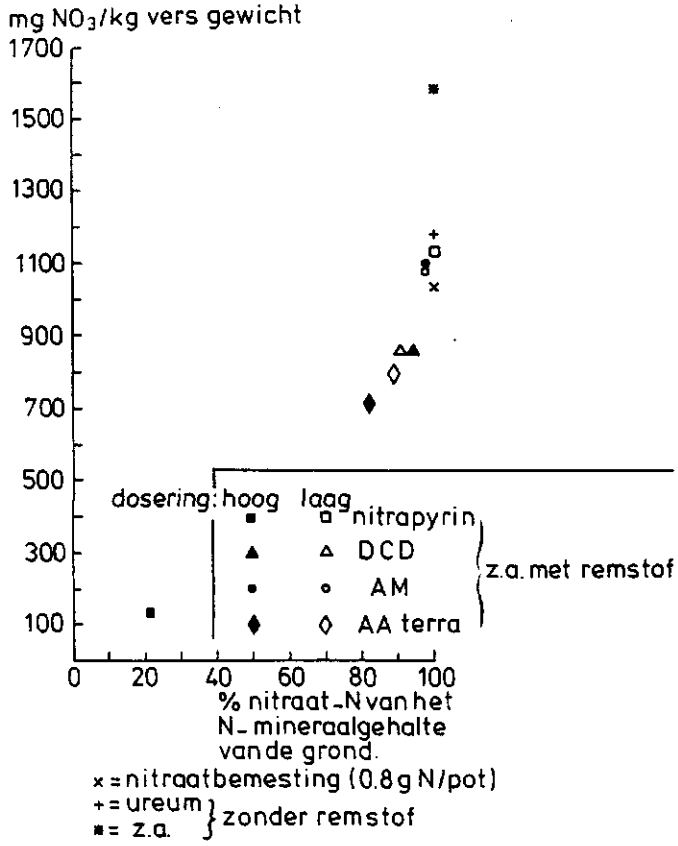
Het nitraatgehalte van de andijvie, geteeld onder lichtrijke omstandigheden van april tot juni 1982, was laag. De gemiddelde straling, in de laatste week voor de oogst op 2 juni, bedroeg 2465 J/cm^2 per dag. Dit is 113 J hoger dan het gemiddelde van de laatste 30 jaar van deze normaal toch al lichtrijke periode. Het nitraatgehalte van de andijvie was in het bijzonder laag op oud bouwlandzand. Daarop volgde kalkrijk duinzand (tabel 14). Als zo weinig nitraat in de plant ophoopt, betekent dit dat een groot deel van de opgenomen stikstof is verwerkt tot eiwitten, en is het moeilijk vast

TABEL 13. Drogestofgehalte (%) van andijvie op vier grondsoorten, bij de hoogste remstofconcentratie en de hoogste N-gift van 0,8 g/pot.
TABLE 13. Dry matter content (%) of endive on four soils. Means for highest inhibitor concentration and highest N dressing (0.8 g N/pot).

Grondsoort	Meststof					
	nitraat, geen remstof	zwavelzure ammoniak				
		geen remstof	nitrapyrin	DCD	AM	AAterra
Oud bouwlandzand	9,5	8,9	7,5	7,6	9,2	7,9
Kalkr. duinz.	8,3	8,7	9,0	7,8	8,4	8,5
Ven. klei	7,7	7,7	7,6	7,8	7,9	8,2
Lichte zavel	9,0	8,0	7,8	6,6	7,9	8,3
	Meststof					
		ureum				
Oud bouwlandzand		9,6	7,4	8,6	9,2	7,4

te stellen of de remming van de nitrificatie door de remstoffen in de potgrond is gelukt. Op oud bouwlandzand steeg het nitraatgehalte in de andijvie van 11 naar 19 mg/kg vers gewicht door een toename van de bemesting van 0,2 tot 0,8 g nitraat-N per pot. Met toediening van zwavelzure ammoniak of ureum, al of niet met remstoffen, werden zelfs hogere gehalten aan nitraat in het gewas gevonden. Dit was vooral het geval waar groeiremming door DCD tot een lager kropgewicht had geleid, zoals bij de combinatie: 0,8 g ureum-N per pot en de hoogste concentratie aan remstof. Ook de niet-uitgegroeide planten op onbemeste grond hadden een wat hoger nitraatgehalte, namelijk 43 mg/kg vers gewicht, dan planten op met nitraat bemeste grond. Bij een andijvie-opbrengst op "normaal" niveau bleek inderdaad het nitraatgehalte terug te lopen als een hogere concentratie aan remstof werd gebruikt. Bij gebruik van nitrapyrin en een bemesting van 0,8 g N als zwavelzure ammoniak liep het gehalte terug van 23 naar 15 mg nitraat/kg vers gewicht en bij AAterra van 47 naar 16; vergeleken met de 97 mg voor zwavelzure ammoniak zonder remstof betekent dit toch een duidelijke achteruitgang.

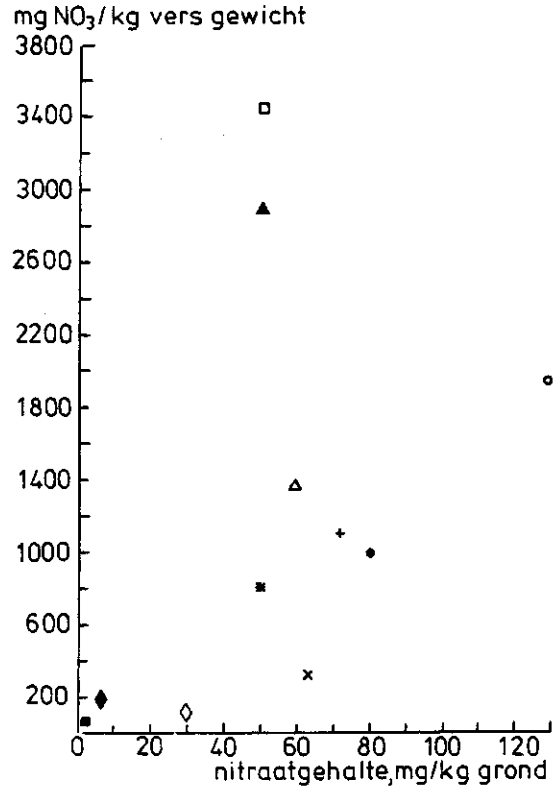
Op kalkrijk duinzand met zwavelzure ammoniakbemesting leidde de groeiremming door de hogere concentratie aan DCD weer tot een stijging van



Figuur 1. Het verband tussen het nitraatgehalte van andijvie en het nitraat-stikstofgehalte in de grond als percentage van de minerale stikstof, op venige klei.

Figure 1. Relation between nitrate content of endive and nitrate content of soil as a percentage of total mineral-N in a peaty clay.

Op oud bouwlandzand betekenden de hogere opbrengst en het hogere gehalte aan totaal-N in het gewas bij bemesting met ureum of zwavelzure ammoniak, gecombineerd met een werkzame remstof, een aanzienlijk hogere hoeveelheid stikstof in de andijviekrop bij de oogst (tabel 16). De grootste hoeveelheden werden verkregen met nitrapyrin en AAterra bij de gift van 0,8 g N/pot, meer dan het dubbele van de hoeveelheid bij de hoogste nitraatgift. Met de weinig werkende remstof AM was de totale stikstofhoeveelheid van dezelfde orde van grootte als met de nitraatbemesting. Op kalkrijk duinzand leidde het gebruik van DCD tot een veel lagere stikstofopname door andijvie. Op venige klei kwamen geen grote verschillen in opname voor tussen de behandelingen. De vrij normale opbrengst op lichte zavel met zwavelzure



Figuur 2. Het verband tussen het nitraatgehalte van andijvie en het nitraat-N-gehalte in lichte zavel.
Figure 2. Relation between nitrate content of endive and nitrate content of a sandy loam.

ammoniak en AAterra geeft, vergeleken met de andere middelen, uiteraard een hoge hoeveelheid opgenomen stikstof in de plant.

4.3.5. Conclusie van de proef met andijvie, IB 6423

De potproef met andijvie geeft niet alleen inzicht in de remming van de nitrificatie door de remstoffen, maar ook in de gevoeligheid van het gewas voor de gebruikte remstoffen.

Afgaande op de ammoniumgehalten van de grond aan het einde van de teelt heeft nitrapyrin goed gewerkt als nitrificatieremmer, gevolgd door AAterra. DCD werkte alleen op oud bouwlandzandgrond in voldoende mate en AM in het geheel niet.

De groei van de andijvie was op de lichte kalkrijke zavel maar matig,

TABEL 15. Totaal-N-gehalte (% drogestof) van de andijviekrop op vier grondsoorten bij de hoogste remstofconcentratie en de hoogste N-gift van 0,8 g/pot.
TABLE 15. Total-N content of endive (% of dry matter) grown on four soils. Means for highest inhibitor concentration and highest N dressing (0.8 g N/pot).

Grondsoort	Meststof					
	nitraat.	zwavelzure ammoniak				
	geen remstof	geen remstof	nitrapyrin	DCD	AM	AAterra
Oud bouwlandzand	1,35	1,65	2,55	2,89	1,92	2,39
Kalkr. duinz.	1,86	1,68	1,97	4,92	1,91	1,70
Ven. klei	2,58	3,08	2,67	2,56	2,80	2,44
Lichte zavel	1,94	4,05	2,88	4,92	3,07	2,64
	Meststof					
		ureum				
Oud bouwlandzand		1,28	2,37	3,88	1,38	2,57

TABEL 16. Hoeveelheid stikstof aanwezig in andijviekrop bij de oogst (mg/plant), geteeld op vier grondsoorten, bij de hoogste remstofconcentratie en de hoogste N-gift van 0,8 g/pot.
TABLE 16. Total-N uptake of endive at harvest (mg/plant) grown on four soils. Means for highest inhibitor concentration and highest N dressing (0.8 g N/pot).

Grondsoort	Meststof					
	nitraat.	zwavelzure ammoniak				
	geen remstof	geen remstof	nitrapyrin	DCD	AM	AAterra
Oud bouwlandzand	225	275	531	502	317	611
Kalkr. duinz.	397	419	327	187	492	376
Ven. klei	519	645	554	515	502	551
Lichte zavel	209	177	432	268	108	539
	Meststof					
		ureum				
Oud bouwlandzand		210	523	374	231	699

behalve na toepassing van AAterra. Toenemende concentratie van remstof gaf over het geheel gezien een donkerder kleur aan het gewas, waarschijnlijk door een langere beschikbaarheid van stikstof in ammoniumvorm.

DCD gaf bladverbranding aan de eerstgevormde bladeren. Rand in het hart van de plant werd gestimuleerd door bemesting met nitraat. Op twee grondsoorten nam het euvel af met toenemende remstofconcentratie. Op twee grondsoorten gaf AAterra vrij sterke randaantasting.

De andijvieopbrengst was op de lichte zavel laag, behalve in de combinatie van AAterra met zwavelzure ammoniak. Ook op de andere drie grondsoorten was de opbrengst met AAterra relatief hoog. Een hoge DCD-concentratie verlaagde de opbrengst, op kalkrijk duinzand en zavel in ernstige mate.

Het nitraatgehalte van de andijvie, geteeld in de lichtrijke maanden april en mei, was zeer laag. Op venige klei en licht kalkrijke zavel waren de gehalten nog het hoogst en daar werd met de hoogste gift nitrapyrin en met AAterrra een verlaging bereikt.

5. EFFECT VAN TOEVOEGING VAN VIER NITRIFICATIEREMMERS AAN VIER GRONDSOORTEN OP OPBRENGST EN KWALITEIT VAN SLA (IB 6422)

5.1. Proefopzet

De proefopzet was gelijk aan die van de proef met andijvie.

5.2. Uitvoering van de proef

Bij de aanvang van de proef werd de potgrond zonder de basisbemesting bemonsterd en geanalyseerd volgens de methoden van het Proefstation voor Tuinbouw onder glas te Naaldwijk. Daar niet voldoende grond over was van de oude bouwlandzandgrond is van dezelfde plaats nieuwe grond opgehaald, die voor het gebruik werd uitgespoeld om minerale stikstof te verwijderen. Tabel 17 geeft een overzicht van de relevante analysecijfers, en ook van de hoeveelheid droge grond per pot. Ondanks het uitspoelen bevatten drie grondsoorten vrij veel nitraat.

TABEL 17. Enkele eigenschappen van vier grondsoorten. Hoeveelheid grond per pot.
TABLE 17. Relevant proporties of four soil types. Weight of soil per pot.

Grondsoort	Vulgew., kg dr. gr/pot	Org.st., %	Slib (<16µm), %	pH	$CaCO_3$, %	NH_4, mmol/ l extr.	NO_3, mmol/ l extr.
Oud bouwlandzand	8,1	2,6	7	5,5	0,0	0,0	1,3
Kalkr. duinz.	9,5	0,6	2	7,9	5,2	0,0	0,2
Ven. klei	5,8	11,0	51	6,4	0,1	0.0	2,1
Lichte zavel	7,8	4,5	16	6,6	1,9	0,0	2,2

Dit zou het gevolg kunnen zijn van onvoldoende uitspoelen maar, ook van mineralisatie tijdens de bewaring, gestimuleerd door het drogen van de grond voor de opslag. Bij het vullen van de potten was de grond praktisch luchtdroog.

Sla, het ras Leona RL, werd 8 september 1982 gezaaid, op 24 september op de potten uitgeplant en op 15 november geoogst. Daar in de voorgaande proef de andijvie bij bepaalde behandelingen verbranding vertoonde, werd in het begin van de teelt veelvuldig bovenop de pot water gegeven en werd pas later water gegeven via de schotel. Tijdens de teelt werd de temperatuur van de kas dag en nacht op 15 ^{0}C gehouden. Deze te hoge temperatuur was noodzakelijk in verband met andere proeven in dezelfde kas. Er werden beoordelingen uitgevoerd, éénmaal op draaiing van het blad, op verbranding van de bladeren in het hart van de plant, het zgn. rand, en op kleur. Tweemaal is een schatting gemaakt van de massa van de plant. De gehele teeltduur was 52 dagen.

5.3. Resultaten met sla

Evenals bij andijvie waren bij sla de effecten van grondsoort, remmersoort en remmerhoeveelheid en de interacties daarvan meestal statistisch betrouwbaar (bijlage 3). Ook nu weer worden de gemiddelde gewaskenmerken voor de combinaties van grondsoort, remmersoort en remmerhoeveelheid in een aparte bijlage, no. 4, vermeld.

5.3.1. Ammonium- en nitraatgehalte v.d. grond aan het einde van de teelt

In tegenstelling met de gegevens van andijvie werd nu ook op kalkrijk duinzand aan het eind van de teelt minerale stikstof teruggevonden. Mogelijk werd door een betere watervoorziening, vooral in het begin, een groter deel van de ammoniumstikstof behoed voor vervluchtiging. (zie tabel 18). Wel waren de minerale-stikstofgehalten er lager dan die op de andere grondsoorten. Op venige klei werd de meeste stikstof teruggevonden. Daar, en ook op oud bouwlandzand en lichte zavel, was er nauwelijks sprake van vermindering van minerale stikstof. Om het gewas te voeden moet dus minerale stikstof vrijgekomen zijn en/of was er voldoende minerale stikstof beschikbaar gesteld voor een behoorlijke groei. Aan het eind van de teelt werd bij gebruik van zwavelzure ammoniak alleen nog ammonium in de grond gevonden waar remstof was toegediend, met uitzondering van AM (tabel 19). Na gebruik van nitrapyrin bevatten alle grondsoorten nog duidelijk ammonium. De werkingsduur van DCD op venige klei en lichte zavel was onvoldoende. Op kalkrijk duinzand was deze goed en op oud bouwlandzand

TABEL 18. N-min in de grond (mg/kg droge grond) aan het eind van de slateelt op vier grondsoorten, bij de hoogste remstofconcentratie en de hoogste N-gift van 0,8 g N/pot.

TABLE 18. Mineral-N in four soils at start and end of lettuce experiment. Means for highest inhibitor concentration and highest N dressing (0.8 g N/pot).

Grondsoort	Meststof							
	nitraat		zwavelzure ammoniak					
	geen remstof		geen remstof		nitrapyrin	DCD	AM	AAterra
	begin teelt	eind teelt	begin teelt	eind teelt				
Oud bouwlandzand	112	95	103	100	130	100	91	90
Kalkr. duinz.	74	49	78	36	39	39	33	26
Ven. klei	174	171	155	166	143	164	144	120
Lichte zavel	131	113	127	124	133	136	133	96
	Meststof							
			ureum					
Oud bouwlandzand			105	105	125	125	114	103

TABEL 19. Percentage NH_4 van N-min bij begin van de teelt op vier grondsoorten, bij de hoogste remstofconcentratie en de hoogste N-gift van 0,8 g/pot.

TABLE 19. Ammonium-N as a percentage of mineral-N in four soils at start and end of lettuce experiment. Means for highest inhibitor concentration and highest N dressing (0.8 g N/pot).

Grondsoort	Meststof							
	nitraat		zwavelzure ammoniak					
	geen remstof		geen remstof		nitrapyrin	DCD	AM	AAterra
	begin teelt	eind teelt	begin teelt	eind teelt				
Oud bouwlandzand	0	1	73	1	87	26	0	88
Kalkr. duinz.	0	0	100	0	92	95	0	92
Ven. klei	1	1	59	0	60	0	0	29
Lichte zavel	0	0	69	0	71	0	0	70
	Meststof							
			ureum					
Oud bouwlandzand			73	0	89	21	0	89

matig. Wanneer AAterra in voldoende mate was toegediend, was de remmende werking goed op oud bouwlandzand en kalkrijk duinzand. Op lichte zavel en venige klei had de dosering misschien nog wat hoger moeten zijn.

Uit het N-mineraal-gehalte van de grond valt soms af te lezen hoe het gewas is gegroeid. Het hoge gehalte op oud bouwlandzand bij de hoge concentratie Nitrapyrin ging samen met een lage opbrengst.

5.3.2. Ontwikkeling van het het gewas. Groeiafwijkingen

Op 15 oktober en 9 november 1982 werden schattingscijfers gegeven voor de ontwikkeling van het gewas. Op de eerste beoordelingsdatum werd gemiddeld de beste stand genoteerd op oud bouwlandzand en lichte zavel, op de tweede op venige klei en lichte zavel. In beide gevallen was de gemiddelde stand van het gewas het slechtst op kalkrijk duinzand. Reactie op toenemende giften aan nitraat was alleen op kalkrijk duinzand duidelijk aanwezig.
De gift van 0,4 g N/pot was optimaal. De sterke reactie op deze grond stemt overeen met het lage gehalte aan minerale N aan het begin van de teelt (tabel 17). Op venige klei gaf 0,4 g N een geringe verbetering in de stand, maar op de twee andere gronden was er geen reactie. Hoge giften nitrapyrin gaven een sterke achteruitgang van het gewas op alle vier grondsoorten bij zowel ureum als zwavelzure ammoniak (tabel 20). Ook hogere concentraties DCD en AAterra leidden in de meeste gevallen tot een wat minder goede ontwikkeling. Gedacht moet worden aan een ongunstige reactie van sla op ammonium bij een meer dan voldoende stikstofniveau. Bovendien zou nitrapyrin deze reactie nog versterken. Waar de nitrificatie onvoldoende werd geremd, zoals bij AM, ging de stand van het gewas niet achteruit.

Op 15 oktober werd de plant ook beoordeeld op blad en kleur. Bij de combinatie van zwavelzure ammoniak of ureum met remstof waren de planten wat donkerder groen gekleurd dan de planten die uitsluitend met nitraat waren bemest (tabel 21). Op oud bouwlandzand was de kleur gemiddeld het donkerst waar nitrapyrin was toegepast. Met AM was de kleur het lichtst. Met toenemende concentratie nitrapyrin werd de kleur donkerder groen. Vergelijking van de bladkleur op de vier grondsoorten, waar de combinatie van zwavelzure-ammoniakbemesting en remstof was toegepast, laat zien dat de kleur van het blad op kalkrijk duinzand gemiddeld het donkerst was.

TABEL 20. Massa* van de slaplant op 9 november, op vier grondsoorten, bij de laagste en hoogste concentratie remstof en de hoogste N-gift van 0,8 g N/pot.

TABLE 20. Plant mass of lettuce on 9 November on four soils. Means for highest and lowest inhibitor concentration and highest N dressing (0.8 g N/pot).

Grondsoort	Conc.	Meststof					
		nitraat,	zwavelzure ammoniak				
		geen remstof	geen remstof	nitrapyrin	DCD	AM	AAterra
Oud bouwland	0	7,75	7,00				
	1			7,25	7,75	7,00	7,25
	3			3,50	6,25	7,50	6,75
Kalkr. duinz.	0	7,50	6,75				
	1			5,25	5,50	6,75	6,00
	3			2,25	2,75	7,00	5,75
Ven. klei	0	7,50	7,50				
	1			7,75	7,50	7,50	7,25
	3			5,50	7,25	7,50	7,00
Lichte zavel	0	7,00	7,25				
	1			7,50	7,75	7,25	7,00
	3			2,75	7,50	7,00	7,25
		Meststof					
				ureum			
Oud bouwlandzand	0		7,25				
	1			7,25	7,75	7,00	7,75
	3			3,00	6,25	7,50	6,25

*) 1 = weinig ontwikkelde plant; 10 = goed ontwikkelde plant.

In de sla traden groeiafwijkingen op. Op bepaalde potten vertoonden de oudste bladeren een draaiing om de hoofdnerf. Uit tabel 22 blijkt dat dit in hoofdzaak voorkwam waar nitrapyrin was toegediend en vooral op oud bouwlandzand. Bij de hoogste stikstofgift trad het ook in zekere mate op na toediening van DCD en AAterra. Op de drie andere grondsoorten werd het

TABEL 21. Kleurcijfers* op 15 oktober voor sla op vier grondsoorten, bij de hoogste remstofconcentratie en de hoogste N-gift van 0,8 g N/pot.

TABLE 21. Colour ratings for lettuce on 15 October on four soils. Means for highest inhibitor concentration and highest N dressing (0.8 g N/pot).

Grondsoort	Meststof					
	nitraat, geen remstof	zwavelzure ammoniak				
		geen remstof	nitrapyrin	DCD	AM	AAterra
Oud bouwlandzand	1,88	1,75	3,00	2,25	1,50	2,00
Kalkr. duinz.	1,25	2,00	3,00	3,00	3,00	2,75
Ven. klei	1,88	2,00	2,25	2,00	2,00	2,00
Lichte zavel	2,00	1,75	3,00	2,00	2,00	2,00
	Meststof					
		ureum				
Oud bouwlandzand		1,75	3,00	2,00	2,00	2,75

*) 1 = licht van kleur; 3 = donker van kleur

TABEL 22. Draaiing* van het slablad, beoordeeld op 9 november, op vier grondsoorten, bij de hoogste remstofconcentratie en de hoogste N-gift van 0,8 g N/pot.

TABLE 22. Leaf twisting of lettuce, evaluated on 9 November on four soils. Means for highest inhibitor concentration and highest N dressing (0.8 g N/pot).

Grondsoort	Meststof					
	nitraat, geen remstof	zwavelzure ammoniak				
		geen remstof	nitrapyrin	DCD	AM	AAterra
Oud bouwlandzand	0	0	3,25	0,50	0	0,50
Kalkr. duinz.	0	0	0	0	0	0,50
Ven. klei	0	0	2,50	0	0	0
Lichte zavel	0	0	1,25	0	0	0
	Meststof					
		ureum				
Oud bouwlandzand		0	3,50	2,00	0	1,25

*) 1 = weinig draaiing; 5 = zeer veel draaiing

verschijnsel alleen aangetroffen bij toepassing van nitrapyrin, en in geringe mate bij gebruik van AAterra op kalkrijk duinzand. Daar bovendien bladverbranding, op één uitzondering na, alleen bij nitrapyrin voorkwam (tabel 23), moet worden geconcludeerd dat sla onder de gegeven proefomstandigheden ongunstig heeft gereageerd op de remstof nitrapyrin en dat dit niet alleen is toe te schrijven aan ammoniumovermaat, omdat ook bij DCD en AAterra de nitrificatie behoorlijk geremd is geweest.

TABEL 23. Beoordelingscijfers* van bladverbranding in sla op 9 november 1982, op vier grondsoorten, bij de hoogste remstofconcentratie en de hoogste N-gift van 0,8 g/pot.

TABLE 23. Leaf burning scores for lettuce on 9 November 1982 on four soils. Means for highest inhibitor concentration and highest N dressing (0.8 g N/pot).

Grondsoort	Meststof					
	nitraat,	zwavelzure ammoniak				
	geen remstof	geem remstof	nitrapyrin	DCD	AM	AAterra
Oud bouwlandzand	0	0	3,50	0	0	0
Kalkr. duinz.	0	0	1,75	1,25	0	0
Ven. klei	0	0	0	0	0	0
Lichte zavel	0	0	3,00	0	0	0
	Meststof					
		ureum				
Oud bouwlandzand		0	3,50	0	0	0

*) 1 = weinig verbrand; 5 = bijna geen blad zonder verbrandingsverschijnselen

5.3.3. Opbrengst van het gewas

Op kalkrijk duinzand gaf het niet met stikstof bemeste object een zeer lage opbrengst. Met nitraatbemesting werd een aanzienlijk hogere produktie verkregen en met 0,6 g nitraat-N per pot werd het maximum bereikt. Op de drie andere grondsoorten was de reactie op de nitraatgift veel minder uitgesproken. Op oud bouwlandzand en lichte zavel was 0,2 g N/pot al voldoende voor de hoogste opbrengst, maar op venige klei werd het maximum bereikt

met 0,6 g. Met hogere nitraatgiften dan de optimale ging de opbrengst uiteraard weer achteruit, het meest als 0,8 g N/pot werd gegeven in de vorm van ureum en zwavelzure ammoniak. De sla reageerde zeer ongunstig op de hoge concentraties nitrapyrin op alle vier grondsoorten (tabel 24 en 25). Op kalkrijk duinzand was dat ook het geval wat DCD, maar ook op op de andere grondsoorten was er een achteruitgang in opbrengst door een hoge gift DCD. Op oud bouwlandzand bleef bij de hoogste concentratie AAterra de opbrengst achter ten opzichte van die bij de laagste concentratie. Op de andere grondsoorten was AAterra niet schadelijk.

Dat een groot deel van de schadelijke werking op de opbrengst werd veroorzaakt door een langdurig aanbod van ammonium in de potgrond wordt waarschijnlijk gemaakt door de relatie tussen het gewicht van de krop en het ammoniumgehalte van de potgrond aan het eind van de teelt (figuur 3 en figuur 4). De vraag komt op of de grote gevoeligheid van sla voor nitrapyrin het gevolg is van de betere remming van de nitrificatie en daardoor een landurig aanbod van het ammonium of dat er nog een eigen schadelijke werking van de remmer uitgaat.
Dit laatste blijkt niet uit een afwijkende ligging van de punten voor nitrapyrin vergeleken met het geheel. DCD op oud bouwlandzand lijkt meer schade te hebben gegeven dan kon worden toegeschreven aan de invloed van het ammoniumgehalte van de grond. Wat produktie betreft ontliepen de vier grondsoorten elkaar gemiddeld weinig als met voldoende nitraat was bemest. Bij gebruik van een ammoniumhoudende meststof met remstof was de schade het minst op venige klei en lichte zavel. Geringere opbrengst door de schadelijke werking van ammonium/ureum en remstof kwam tot uiting in een hoger drogestofgehalte (tabel 26).

TABEL 24. Vers gewicht (g) van slakrop op vier grondsoorten, met drie stikstofmeststoffen en drie concentraties van vier remstoffen bij de hoogste N-gift van 0,8 g/pot.

TABLE 24. Fresh weight (g) of lettuce grown on four soils, with three N-sources and three concentrations of four inhibitors, at the highest N dressing (0.8 g N/pot).

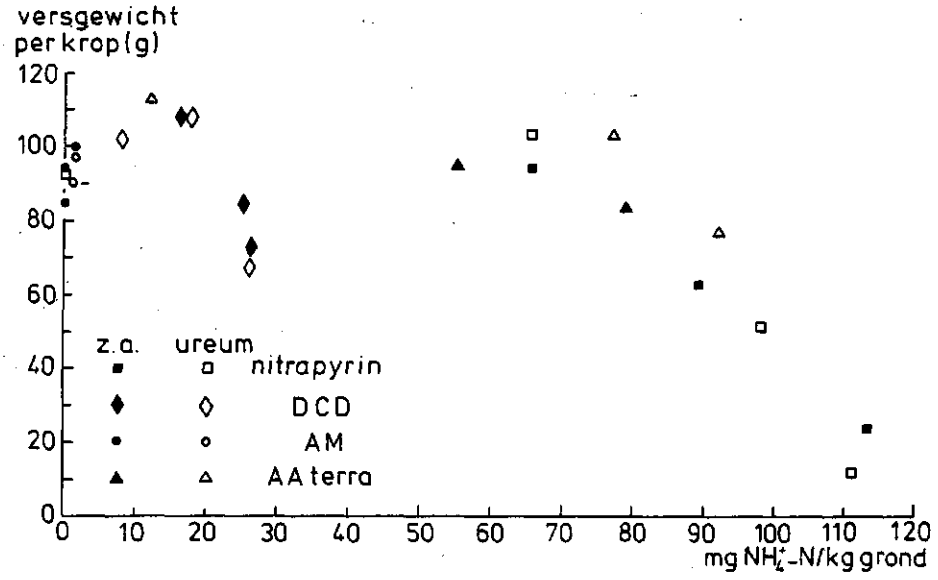
Grondsoort	Conc. rem-stof	Meststof: nitraat, geen rem-stof	zwavelzure ammoniak: geen rem-stof	nitrapyrin	DCD	AM	AAterra
Oud bouwlandzand	0	104	87				
	1			95	105	92	100
	3			24	73	93	85
Kalkr. duinz.	0	103	87				
	1			55	55	86	70
	3			7	11	83	73
Ven. klei	0	100	98				
	1			104	102	110	92
	3			55	93	101	97
Lichte zavel	0	107	97				
	1			114	111	100	107
	3			11	96	101	115

		Meststof: ureum			
Oud bouwlandzand	0	86			
	1	110	103	90	114
	3	12	70	97	78

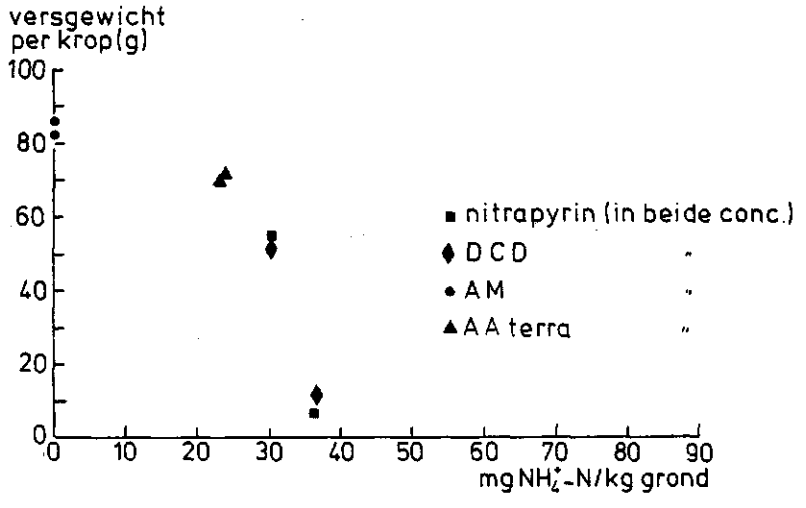
TABEL 25. Drooggewicht (g) van slakrop op vier grondsoorten, met drie stikstofmeststoffen en drie concentraties van vier remstoffen bij de hoogste N-gift van 0,8 g/pot.

TABLE 25. Dry weight (g) of lettuce grown on four soils, with three N-sources and three concentrations of four inhibitors, at the highest N dressing (0.8 g N/pot).

Grondsoort	Conc. rem-stof	Meststof: nitraat, geen rem-stof	zwavelzure ammoniak: geen rem-stof	nitrapyrin	DCD	AM	AAterra
Oud bouwlandzand	0	4,4	3,7				
	1			4,2	4,6	4,0	4,5
	3			1,6	3,4	4,1	4,1
Kalkr. duinz.	0	4,5	3,9				
	1			2,9	2,9	4,0	3,7
	3			0,6	0,8	3,9	3,8
Ven. klei	0	4,4	4,3				
	1			4,6	4,6	4,8	4,2
	3			3,0	4,1	4,5	4,5
Lichte zavel	0	4,6	4,3				
	1			5,0	4,9	4,5	4,8
	3			1,1	4,3	4,5	5,2
		Meststof					
			ureum				
Oud bouwlandzand	0		3,6				
	1			4,7	4,4	3,8	4,9
	3			0,8	3,2	4,2	3,6



Figuur 3. Versgewicht van sla in relatie tot het ammoniumgehalte van oud bouwlandzand (na za-bemesting of een ureumbemesting).
Figure 3. Fresh weight of lettuce in relation to ammonium content of a sandy soil after dressing with ammonium sulphate or urea.



Figuur 4. Versgewicht van sla in relatie tot het ammoniumgehalte van kalkrijk duinzand (na bemesting met za of ureum).
Figure 4. Fresh weight of lettuce in relation to ammonium content of calcareous dune sand after dressing with ammonium sulphate or urea.

TABEL 26. Drogestofgehalte van slakrop (%) op vier grondsoorten, bij de hoogste remstofconcentratie en de hoogste N-gift van 0,8 g/pot.
TABLE 26. Dry matter content (%) of lettuce on four soils. Means for highest inhibitor concentration and highest N dressing (0.8 g N/pot).

Grondsoort	Meststof					
	nitraat,	zwavelzure ammoniak				
	geen remstof	geen remstof	nitrapyrin	DCD	AM	AAterra
Oud bouwlandzand	4,3	4,2	6,9	4,6	4,4	4,8
Kalkr.duinz.	4,3	4,5	8,9	7,3	4,7	5,2
Ven. klei	4,4	4,4	5,4	4,5	4,4	4,6
Lichte zavel	4,3	4,4	13,3	4,5	4,4	4,5
	Meststof					
		ureum				
Oud bouwlandzand		4,2	11,9	5,5	4,4	4,6

5.3.4. Stikstof- en nitraatgehalte van de slakrop

Het nitraatgehalte in sla was hoog als gevolg van de betrekkelijk lichtarme teeltperiode in het najaar. In de laatste week voor de oogst was de globale straling gemiddeld 294 J cm^{-2} dag^{-1} (bij andijvie met het zeer lage nitraatgehalte 2465 J).

Op onbemeste grond was het nitraatgehalte van de sla op kalkrijke duinzand laag, 90 mg/kg vers, maar op de andere drie grondsoorten hoog, in overeenstemming met de verschillen in nitraat gevonden bij de analyse van grond door het Proefstation Naaldwijk (tabel 17). De nitraatgehalten van de krop op onbemest oud bouwlandzand, venige klei en lichte zavel waren 1921, 3373 en 3204 mg/kg vers. Met toenemende nitraatgift steeg het nitraatgehalte van de krop aanzienlijk (tabel 27). De hoogste stikstofgift in de vorm van ammoniumsulfaat of ureum zonder remstof gaf vrijwel hetzelfde nitraatgehalte in de krop als nitraat. Op oud bouwlandzand was het nitraatgehalte van de sla aanzienlijk lager als een hogere concentratie nitrapyrin was gebruikt. Dit ondanks verminderde uitgroei (opbrengstverlaging), waardoor het nitraatgehalte zou kunnen worden verhoogd. Na nitrapyrin was AAterra het meest effectief in het verlagen van het

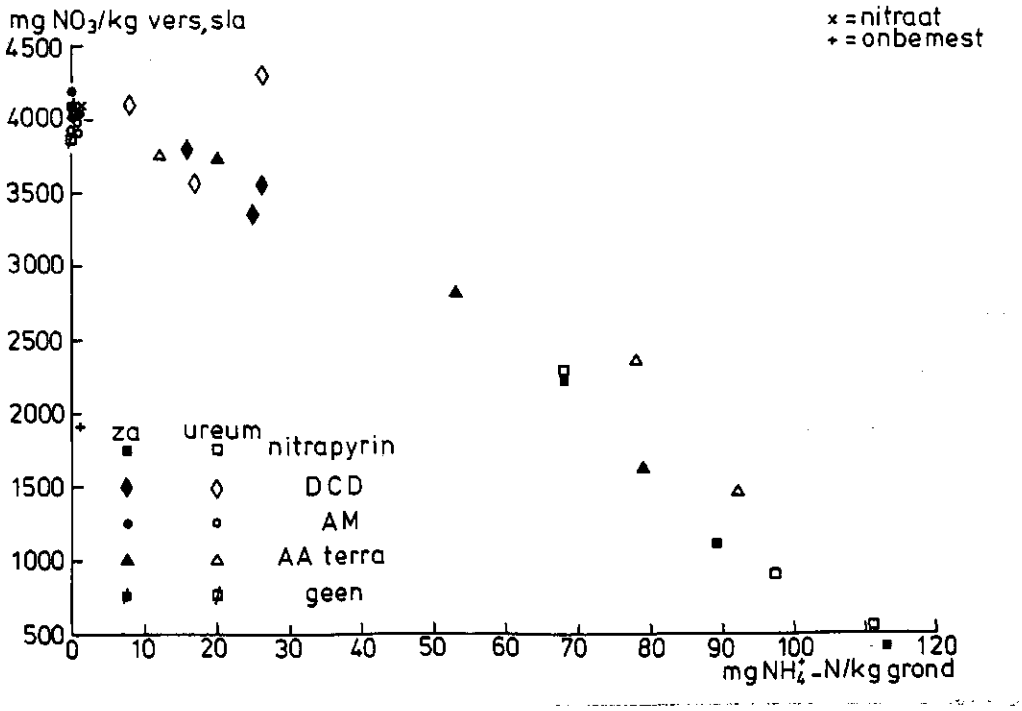
TABEL 27. Nitraatgehalte van sla (mg/kg vers) op vier grondsoorten afhankelijkheid van remstofsoort en -concentratie en stik vorm en -hoeveelheid.

TABLE 27. Nitrate content of lettuce (mg/kg fresh weight) on four so affected by kind and concentration of nitrification inhib and rate and form of nitrogen.

Grondsoort	Conc. rem-stof	Nitr.	Ureum				Zwavelzure a	
			nitra-pyrin	DCD	AM	AAt.	nitra. pyrin	DCD
			0,4 g N/pot					
Oud bouwlandzand	0	3490						
	1		2653	3595	3485	3724	3001	3449
	3		432	3890	3521	1629	501	3965
Kalkr. duinz.	0	3552						
	1							
	3							
Ven. klei	0	4373						
	1							
	3							
Lichte zavel	0	4458						
	1							
	3							
			0,8 g N/pot					
Oud bouwlandzand	0	4080	3907				4079	
	1		2315	4092	3984	3784	2288	3814
	3		525	4310	3872	1479	405	3355
Kalkr. duinz.	0	4095	3846				3885	
	1						4845	424
	3						366	519
Ven. klei	0	4292	4213				4373	
	1						4302	4298
	3						1755	4278
Lichte zavel	0	4564	4516				4844	
	1						2856	4322
	3						2279	4350

nitraatgehalte. AM gaf geen verlaging op deze grond, evenmin als DCD. Op kalkrijk duinzand drukten de hoge gift nitrapyrin en beide giften DCD en AAterra het nitraatgehalte van het gewas. Op venige klei waren alleen nitrapyrin en AAterra werkzaam. Dit was ook het geval op lichte zavel.

Waar nitrificatieremmers effectief werkten, was er tussen het nitraatgehalte van de sla en het ammoniumgehalte van de grond aan het eind van de teelt een negatief verband, het duidelijkst op oud bouwlandzand (figuur 5). Voor het bereiken van een laag nitraatgehalte in het gewas zou weglaten van de stikstofbemesting ook een oplossing zijn geweest zonder grote verlaging van de opbrengst, die 99 g vers gewicht per krop bedroeg.



Figuur 5. Het verband tussen het nitraatgehalte van sla en het ammoniumgehalte van een zandgrond.

Figure 5. Relation between nitrate content of lettuce and ammonium content of a sandy soil.

In tegenstelling met andijvie gaf de bemesting met de drie stikstofsoorten geen duidelijke verschillen in totaal-N-gehalte van de sla (figuur 28). Toevoeging van nitrapyrin op oud bouwlandzand gaf een verlaging van de opbrenst en leidde, tegen de verwachting in, tot een lager totaal-N-gehalte. De minder sterke groeiremming door DCD ging gepaard met een lichte stijging van het stikstofgehalte. Op de drie andere grondsoorten was de reactie met deze twee remstofsoorten van dezelfde aard.

TABEL 28. Het totaal-N-gehalte van de slakrop (%) op vier grondsoorten, bij de *hoogste* remstofconcentratie en de hoogste N-gift van 0,8 g/pot.
TABLE 28. Total-N content of lettuce (%) of dry matter grown on four soils. Means for highest inhibitor concentration and highest N dressing (0.8 g N/pot).

Grondsoort	Meststof					
	nitraat,	zwavelzure ammoniak				
	geen remstof	geen remstof	nitrapyrin	DCD	AM	AAterra
Oud bouwlandzand	5,53	5,43	4,14	5,55	5,19	5,26
Kalkr. duinz.	5,63	4,78	4,34	6,03	5,48	5,78
Ven. klei	5,78	5,84	4,76	6,68	5,49	5,69
Lichte zavel	5,42	5,56	3,87	5,61	5,74	5,79
	Meststof					
		ureum				
Oud bouwlandzand		5,63	4,39	5,74	5,53	5,87

De in de slakrop aanwezige totale hoeveelheid stikstof was lager bij toediening van nitrapyrin en gebruik van ureum of zwavelzure ammoniak, een gevolg van een geringere opbrengst en een lager stikstofgehalte (tabel 29). Op venige klei was de hoeveelheid stikstof in de krop onder invloed van deze remstof nog het minst gedaald. Gebruik van AAterra, dat de nitrificatie ook goed remde, resulteerde in een hoeveelheid stikstof die niet veel lager was dan die in met nitraat bemeste planten. Het is dus niet uitgesloten dat er een specifieke reactie op nitrapyrin is geweest. Met

toenemende concentratie DCD en AAterra liep de hoeveelheid in de krop aanwezige stikstof wel terug, maar lang niet zo sterk als met nitrapyrin. Op kalkrijk duinzand, waar met hoge DCD-gift ook een sterke opbrengstreductie voorkwam, was de totale stikstofhoeveelheid in de krop eveneens laag.

TABEL 29. De stikstofhoeveelheid in de slakrop (mg) op vier grondsoorten, bij de hoogste remstofconcentratie en de hoogste N-gift van 0,8 g/pot.
TABLE 29. Total N-uptake of lettuce at harvest (mg/plant) on four soils. Means for highest inhibitor concentration and highest N dressing (0.8 g N/pot).

Grondsoort	Meststof					
	nitraat,	zwavelzure ammoniak				
	geen remstof	geen remstof	nitrapyrin	DCD	AM	AAterra
Oud bouwlandzand	244	201	67	188	211	216
Kalkr. duinz.	251	185	25	46	213	219
Ven. klei	253	252	140	277	245	254
Lichtezavel	250	239	41	241	256	303
	Meststof					
		ureum				
Oud bouwlandzand		202	36	184	235	209

5.3.5. Conclusie van de proef met sla, IB 6422

Vanwege de hoge temperatuur in de kas moest de sla vrij vroeg worden geruimd en was het kropgewicht aan de lage kant. De stikstofbehoefte van het gewas was laag en de gift van 0,8 g/pot was hoger dan de optimale.

Aan het einde van de teelt bevatte de potgrond nog aanzienlijke hoeveelheden ammonium waar nitrapyrin met een ammoniumhoudende meststof was toegediend. In werkzaamheid als nitrificatieremmer werd nitrapyrin gevolgd door AAterra.

De sla reageerde ongunstig op hoge giften nitrapyrin qua stand en opbrengst. Ook waren er groeiafwijkingen, zoals draaiing van het blad

en bladrandverbranding. Het lijkt niet waarschijnlijk dat dit uitsluitend door overmaat aan ammonium in de potgrond is veroorzaakt. Het blad was donkerder van kleur naarmate meer nitrapyrin was gegeven. Op kalkrijk duinzand gaf ook DCD bij de hoogste concentratie een sterke achteruitgang in de opbrengst.

Het nitraatgehalte van de in het najaar geteelde sla was hoog, toe te schrijven aan de betrekkelijk lichtarme omstandigheden. Het nitraatgehalte van de sla bemest met een ammoniumhoudende meststof was duidelijk verlaagd als met de meststof ook nitrapyrin was toegediend. Na nitrapyrin was AAterra het meest effectief in het verlagen van nitraat in het gewas. DCD werkte goed op kalkrijk duinzand.

Het totaal-stikstofgehalte en de hoeveelheid opgenomen stikstof in sla was lager waar nitrapyrin met zwavelzure ammoniak of ureum was toegediend. Groeiremming door een hoge gift DCD op kalkrijk duinzand leidde, ondanks een verminderde opname van stikstof, tot een verhoogd gehalte aan totale stikstof in het gewas.

6. DISCUSSIE

Het is gewenst het nitraatgehalte van groenten laag te houden. Bemesting met ammoniumhoudende meststof, gecombineerd met een nitrificatieremmer, op een grond die weinig nitraat bevat, lijkt een mogelijkheid. Sommige gewassen reageren echter ongunstig op veel ammonium: verlaging van opbrengst bij spinazie of vermindering in kwaliteit bij sla.

De werkzaamheid van nitrificatieremstoffen hangt echter van vele factoren af: pH, textuur, organische-stofgehalte, vochtigheid van de grond en temperatuur (Kerkhoff en Slangen, 1980; Van der Boon en Niers, 1980). Het mechanisme waarmee bepaalde factoren de nitrificatieremming bevorderen of tegengaan, is nog niet zodanig bekend, dat de werkzaamheid van de remmer nauwkeurig is te voorspellen. Vandaar dat in dit onderzoek ter toetsing van verschillende remstoffen vier voor de glastuinbouw belangrijke grondsoorten werden uitgezocht. Door middel van incubatie- en potproeven kon zo een eerste inzicht worden verkregen in de werkzaamheid van remstoffen onder uiteenlopende omstandigheden. Daar onder veldomstandigheden nog andere factoren van belang zijn, zoals menging door de grond, diepte van inwerken, mogelijk ongelijke verplaatsing van ammoniummeststof en remstof, zijn de gevonden resultaten echter niet zonder meer overdraagbaar naar veldsituaties en zijn verrassingen met betrekking tot de werkzaamheid niet uitgesloten.

Van de getoetste remstoffen bieden N-serve (nitrapyrin) en AAterra de beste perpectieven als ze tegelijk met de meststof door de grond worden vermengd.

In gronden waar door een hoge pH stikstofverliezen door vervluchtiging van ammoniak bij bemesting met een ammoniummeststof kunnen optreden, is het gebruik van nitrificatieremmers niet zonder meer aan te raden. Een dieper inwerken en een voortdurend "waterzegel" zouden moeten worden toegepast.

De gevonden resultaten stemmen in grote lijnen overeen met die uit de proeven van Roorda van Eysinga (1983).

De nitrificatie-remmende werking van een middel kan vergezeld gaan van

een voor het gewas schadelijke werking van het middel zelf (Roorda van Eysinga, 1983; Van der Boon, 1984). Dit blijkt voor DCD het geval te zijn bij vele groentegewassen. In de hier vermelde proeven veroorzaakte DCD bladverbranding bij andijvie. Bladdraaiing kwam voor in sla bij toepassing van nitrapyrin, waarschijnlijk niet alleen een gevolg van langdurig hoog ammoniumaanbod.

Het Japanse produkt AM was slechts weinig actief in het remmen van de nitrificatie. De vraag is of het in nog hogere concentraties moet worden toegepast of dat het verkregen monster niet aan de vereise kwaliteit voldeed.

7. SAMENVATTING

De werking van vier nitrificatieremmers werd onderzocht op vier grondsoorten die voor de groenteteelt onder glas van belang zijn.

In een incubatieproef met licht humeuze, oud bouwlandzandgrond in het laboratorium werd met nitrapyrin en AAterra de beste nitrificatieremming verkregen. In een soortgelijke incubatieproef met drie grondsoorten voldeed nitrapyrin als remstof in alle gevallen, AAterra in twee gevallen en DCD slechts in één geval. Het effect van DCD was lager bij een bodemtemperatuur van 20 ^{0}C dan bij 10 ^{0}C. Het produkt AM was praktisch onwerkzaam in de gebruikte concentraties.

In potproeven in de kas werd onderzoek verricht naar de gevolgen van de toepassing van remstoffen op andijvie en sla bij bemesting met zwavelzure ammoniak en ureum. Een direct toxisch effect van DCD in de vorm van bladverbranding werd gevonden in andijvie en incidenteel in sla. De combinatie van nitrapyrin met ammoniumstikstof bij sla veroorzaakte draaiing van de bladeren en bladverbranding, resulterend in een zeer lage opbrengst.

8. DANKBETUIGING

Het Landbouwkundig Bureau van de Nederlandse Meststoffenindustrie maakte dit onderzoek mogelijk door financiële steun. Er werd advies gegeven bij de opzet van de proeven.

9. SUMMARY

The effectiveness of four nitrification inhibitors was examined in four soils important in vegetable production under glass.

In an incubation experiment with a sandy soil in the laboratory, nitrapyrin (N-serve) and AAterra (= ethridiazol) gave the best results. In another incubation experiment with three soils, N-serve worked well in all cases, AAterra in two soils and DCD only in one soil. The effect of DCD was lower at a soil temperature of 20 ^{0}C than at 10 ^{0}C. The product AM was practically ineffective in the concentrations used.

In pot experiments in the greenhouse the effect of the four nitrification inhibitors on endive and lettuce in combination with ammonium sulphate and urea was investigated. A direct toxic effect of DCD was leaf burning in endive and incidentally also in lettuce. The combination of N-serve and ammonium nitrogen caused twisting and burning of lettuce leaves, resulting in a very low yield.

10. LITERATUUR

Boon, J. van der, 1984. Nitrificatieremmers in sla en andijvie; oorzaken van groeiafwijkingen en het voorkomen van een te hoog nitraatgehalte in het gewas.
With a summary: Nitrification inhibitors in lettuce and endive; causes of growth aberrations and the prevention of excessive nitrate levels in the crop. Inst. Bodemvruchtbaarheid, Rapp. 1-84, 45 pp.

Boon, J. van der en H. Niers, 1980. Nitrificatieremmers (Beperkte literatuurstudie). Inst. Bodemvruchtbaarheid, Nota 80, 23 pp.

Roorda van Eysinga, J.P.N.L., 1983. Einige Erfahrungen mit der Anwendung von Nitrifikationshemmern im Unterglasgemüsebau. Symp. Nitrifikationshemmstoffe, Weihenstephan, Oktober 1983.

Kerkhoff, P en J.H.G. Slangen, 1980. Nitrificatie-remstoffen in land- en tuinbouw. Vakgroep Bodemkunde en Bemestingsleer, Landbouwhogeschool, Wageningen, Interne Meded. 54.

11. BIJLAGEN

BIJLAGE 1. Variantie-analyse* van gewaskenmerken van andijvie (IB 6423) als F-waarden.
APP. 1. Analysis of variance of growth characteristics of endive, F-value.

	Stand-cijfer 6-5-82	Rand-aantast. 6-5-82	Hart-aantast. 6-5-82	Aanw. plant 6-5-82	Stand-cijfer 19-5-82	Rand-aantast. 19-5-82	Hart-aantast. 19-5-82	Aanw. plant 19-5-82
Grondsoort	11.152 +++	4.197 +++	0.693	4.698 +++	20.888 +++	3.451 +++	4.260 +++	1.678 (+)
N-hoeveelheid	1.623	0.139	0.067	2.549 +	6.265 +++	0.370	2.614 (+)	1.183
N-soort	1.143	0.651	0.172	2.215 (+)	0.651	0.646	1.265	0.000
Remmer hoeveelheid	4.397 ++	16.820 +++	2.288 (+)	0.871	0.168	35.501 +++	9.801 +++	0.570
Soort remmer	9.204 +++	41.491 +++	3.616 ++	0.241	27.986 +++	79.995 +++	15.780 +++	3.904 +++
Grondsoort x N-hoeveelheid	1.301	0.000	0.000	1.699	2.260 +	0.147	0.999	0.550
Grondsoort x N-soort	1.113	2.652 +	1.031	1.750	1.409	1.865	0.474	0.000
Grondsoort x remm. hoeveelh.	13.811 +++	1.559	1.400	0.529	5.911 +	3.809 (+)	1.075	0.080
Grondsoort x remm. soort	3.402 ++	10.625 +++	2.556 +	0.105	5.361 +++	17.107 +++	4.717 ++	3.179 ++
N-hh. x N-soort	1.855	0.052	1.121	1.941	2.424	0.231	2.698	0.000
N-hh x remm. hoeveelheid	0.027	1.190	0.135	0.485	0.585	0.880	0.789	2.200
N-hh. x remm. soort	1.415	1.160	1.547	0.661	1.537	0.537	0.010	0.655
N-srt x remm. hoeveelheid	0.740	0.641	1.659	0.485	0.173	0.562	0.899	0.000
N-srt x remm. soort	1.533	2.269 (+)	0.355	0.665	1.859	0.759	3.646 +	1.310
Remm. hh. x remm. soort	5.209 +++	15.119 +++	1.970 (+)	0.836	8.233 +++	26.270 +++	6.125 +++	0.3440
N-hh. x N-srt. x remm. srt.	1.342	0.832	0.736	0.661	1.745	1.887	1.869	1.310
N-hh. x remm. hh. x remm. srt.	0.431	1.292	0.862	1.157	1.654	0.773	0.657	0.655
N-srt. x remm. hh x remm. srt.	2.783 +	1.909 (+)	0.355	1.157	1.213	0.800	1.000	1.310
Grondsrt. x r.hh. x r. srt.	1.987 (+)	2.083 (+)	2.556 +	0.665	2.963 +	2.269 (+)	2.877 +	0.187
N-srt. x N-hh. x remm. hh.	0.050	0.798	0.852	0.485	0.386	0.707	2.221	0.000

*) Statistisch betrouwbaar bij P = 0.10 : (+), P = 0.05 : +, P = 0,01 : ++ en P = 0,01 : +++

	Stand-cijfer 1-6-82	Rand-aantast. 1-6-82	Hart-aantast. 1-6-82	Aanw. plant 1-6-82	Kleur-cijfer 1-6-82	Vers gewicht 2-6-82	Droog gewicht 2-6-82	Droge-stof % 2-6-82
Grondsoort	15.648 +++	2.256 +	8.451 +++	0.312	2.259 +	15.109 +++	13.407 +++	2.856 ++
N-hoeveelheid	15.845 +++	0.230	4.349 ++	0.167	21.193 +++	30.267 +++	12.429 +++	41.721 +++
N-soort	0.120	0.514	3.546 +	0.333	1.628	0.447	0.698	1.235
Remmer hoeveelheid	0.081	9.587 +++	9.368 +++	0.314	3.946 ++	0.115	0.899	4.786 ++
Soort remmer	28.274 +++	26.841 +++	15.397 +++	2.989	26.693 +++	68.966 +++	52.426 +++	32.727 +++
Grondsoort x N-hoeveelheid	1.728	0.550	0.589	0.000	0.692	2.393 +	1.965	2.246 +
Grondsoort x N-soort	1.012	0.885	0.659	0.000	0.705	0.769	0.943	0.645
Grondsoort x remm. hoeveelh.	1.779	0.047	1.889	0.071	1.215	3.738 (+)	1.635	3.210 +
Grondsoort x remm. soort	9.821 +++	4.532 ++	5.141 +++	2.483 +	2.109 (+)	13.680 +++	15.57 +++	10.648 ++
N-hh. x N-soort	0.145	0.180	0.080	1.000	4.178 +	0.746	0.443	0.013
N-hh. x remm. hoeveelheid	0.511	0.641	1.258	1.000	0.056	1.224	0.448	2.293
N-hh x remm. soort	2.591 (+)	0.174	1.909	1.000	3.800 +	1.591	2.357 (+)	1.012
N-srt. x remm. hoeveelheid	0.993	0.011	0.319	1.000	4.810 +	0.430	0.856	0.686
N-srt. x remm. soort	0.704	1.565	1.066	1.000	2.277 (+)	2.869 +	2.305	0.808
Remm. hh x remm. srt.	7.324 +++	10.635 +++	2.346 +	0.463	2.220 +	10.37 +++	8,085 +++	4.592 +++
N-hh. x N-srt. x remm. srt.	4.010 +	3.362 +	1.298	1.000	0.811	4.118 +	2.315	1.101
N-hh. x remm. hh x remm. srt.	2.155 (+)	0.130	1.386	1.000	1.389	3.678 ++	2.288 +	1.074
N-srt. x remm. hh. x remm. srt.	0.911	0.710	1.240	1.000	0.543	2.271 +	0.927	1.444
Grondsrt. x r.hh. x r. srt.	4.215 ++	2.052 (+)	3.219 +	0.163	1.109	8.269 +++	7.060 +++	6.994 +++
N-srt. x N-hh. x remm. hh.	1.894	3.181 (+)	1.038	1.000	0.501	1.650	1.182	0.256

*) Statistisch betrouwbaar bij P = 0.10 : (+), P = 0.05: +, P = 0.01 : ++ en P = 0.01 : +++

BIJLAGE 2. Gewaskenmerken van andijvie bij diverse combinaties van grondsoort, remmerhoeveelheid en remmersoort.
APP. 2. Means of growth characteristics of endive for combinations of soil type and quantity and kind of nitrification inhibitors.

Remmer-srt.	Remmer-hh. mg/l		6-5-'82 stand	rand aantasting	hart aantasting	aanw. plant	19-5-'82 stand	rand aantasting	hart aantasting	aanw. plant	1-6-'82 stand	rand aantasting	hart aantasting	aanw. plant	kleur	2-6-'82 vers g/pot	droog g/pot	dr. stof %
Oud bouwlandzand																		
0 geen			4,84	0	0,02	1	4,80	0	1,75	1	5,68	0	2,20	1	2,20	139,48	13,67	10,01
1 Nitra-	0	0																
pyrin	1	2,42	5,44	0,06	0,69	1	6,63	0,06	0,88	1	7,63	0	1,25	1	3,31	262,69	21,98	8,47
	2	9,69	4,44	0	0,13	1	6,06	0,06	0,38	1	7,19	0	0,81	1	3,38	237,85	19,72	8,37
	3	19,38	4,31	0,25	0	1	6,69	0,19	0	1	7,44	0	0.19	1	3,75	257,02	20,36	7,99
2 DCD	0	0																
	1	4,84	4,94	0	0,31	1	5,88	0	1,94	1	6,88	0,06	2,31	1	3,06	231,43	19,93	8,78
	2	19,38	4,19	1,38	0,06	1	5,63	3	0,13	1	6,75	1,19	0,81	1	3,44	214,05	17,40	8,20
	3	38,76	3,56	2,19	0,31	1	5,25	3	0,31	1	6,25	2,50	0,75	0,94	3,63	182,16	14,96	8,34
3 AM	0	0																
	1	4,84	4,19	0	0,06	1	4,88	0	1,50	1	5,56	0	2,13	1	2,13	150,48	14,76	9,9C
	2	19,38	4,31	0	0,06	1	5,06	0	1,50	0,94	6,19	0	2,13	1	2,44	173,83	16,14	9,3E
	3	38,76	4,06	0	0	0,94	4,94	0,56	1,31	1	5,81	0,31	1,81	1	2,44	149,11	14,20	9,7E
4 AAter-	0	0																
ra	1	2,42	4,88	0	0,56	1	6,56	0	1,19	1	7,69	0	1,56	1	3,38	269,47	23,55	8,82
	2	9,69	4,88	0	0,25	0,94	7	0,13	0,56	0,94	7,81	0,06	0,88	1	3,44	286,67	23,25	8,1E
	3	19,38	4,94	0,50	0,56	1	7,31	0	0,63	1	8,06	0,13	0,75	1	3,44	304,81	24,76	8,2C

BIJLAGE 2a. Gewaskenmerken van andijvie bij diverse combinaties van grondsoort, remmerhoeveelheid en remmersoort.
APP. 2 Means of growth characteristics of endive for combinations of soil type and quantity and kind of nitrification inhibitor.

Remmer-srt.	Remmer-hh. mg/l		6-5-'82 stand	rand aantasting	hart aantasting	aanw. plant	19-5-'82 hart stand	rand aantasting	hart aantasting	aanw. plant	1-6-'82 stand	rand aantasting	hart aantasting	aanw. plant	kleur	2-6-'82 vers g/pot	droog g/pot	dr. stof %
Duinzand																		
0 geen			4	0,11	0	1	5,64	0,07	0,80	1	6,61	0,07	0,95	1	2,77	221,81	18,74	9,20
1 Nitra-	1	2,42	4,50	0	0	1	6,75	0	0	1	8,00	0,50	0	1	3	274,70	20,86	7,53
pyrin	3	19,38	2,75	0,25	0	1	5	0	0	1	7	0,25	0	1	3	184,50	16,60	8,98
2 DCD	1	4,84	3,50	1	0	1	6,25	1,75	0	1	7,50	1,25	0	1	3,50	251	20,25	8,04
	3	38,76	1,75	3,50	0	1	2,50	3,50	0	1	3,25	3	1	1	3,25	48,40	3,79	7,84
3 AM	1	4,84	4,25	0	0	1	7,25	0,25	0	1	8	0,50	0	1	3,25	277,15	22,14	8,02
	3	38,76	4,50	0	0	1	7,75	0	0,50	1	8,75	0	0	1	3	308,12	25,74	8,38
4 AAter-	1	2,42	4	0	0	1	6,50	0,25	0	1	7,75	0,50	0,25	1	3,25	269,20	23,23	8,60
ra	3	19,38	4,25	0	0	1	7	0	0,50	1	7,75	0,25	0,25	1	3,25	259,43	22,10	8,53
Venige klei																		
0 geen			3,91	0	0	1	5,71	0	1,25	1	6,91	0,11	2,27	1	3,02	207,59	17,33	8,59
1 Nitra-	1	2,42	3,75	0	0	1	5,75	0	1	1	7,50	0	2,75	1	4	259,50	20,35	7,86
pyrin	3	19,38	3,75	0	0	1	5,75	0,25	0,25	1	7,75	0,50	0	1	4	271,82	20,74	7,60
2 DCD	1	4,84	3,75	0	0	1	6,50	0	1,50	1	7,75	0	2,50	1	3,75	264,32	20,55	7,80
	3	38,76	4	1	0	1	5,25	1,75	1	1	7,25	0	2,50	1	3,50	258,93	20,13	7,76
3 AM	1	4,84	3,75	0	0	1	6	0	1	1	7,25	0	2,25	1	3,75	262,60	19,93	7,61
	3	38,76	3	0	0	1	5	0	1	1	7	0,75	1,25	1	3,75	227,10	17,93	7,89
4 AAter-	1	2,42	3,50	0	0	1	5,25	0	1,75	1	6,75	0	2,25	1	3,25	212,80	17,29	8,49
ra	3	19,38	4,25	0	0	1	6,25	0	2,25	1	7,75	0	2,75	1	4,25	274,82	22,58	8,23

BIJLAGE 2b. Gewaskenmerken van andijvie bij diverse combinaties van grondsoort, remmerhoeveelheid en remmersoort.
App. 2b. Means of growth characteristics of endive for combinations of soil type and quantity and kind of nitrification inhibitors.

Remmer-srt.	Remmer-hh., mg/l		6-5-'82 stand	rand aantasting	hart aantasting	aanw. plant	19-5-'82 stand	rand aantasting	hart aantasting	aanw. plant	1-6-'82 stand	rand aantasting	hart aantasting	aanw. plant	kleur	2-6-'82 vers g/pot	droog g/pot	dr. stof
Lichte zavel																		
0 geen			2,43	0	0	0,77	2,96	0,29	0,55	0.96	4,11	0,14	1.64	1	2,77	84,29	7,85	9,2
1 Nitra-pyrin	1	2,42	1	0	0	0,50	1	0	0	0,50	1,33	0	0	0,67	3,67	17,63	1,36	7,8
	3	19,38	2,75	0	0	0,75	4	0	0	0,75	5	0	0,25	0,75	4,75	191,50	15,01	7,8
2 DCD	1	4,84	0,50	0	0	0,75	1,75	0	0	1	4	0	0,33	1	3,33	77,70	6,10	7.6
	3	38,76	1.25	0,75	0	0,50	1,25	0,25	0	1	4,50	1,50	0,50	1	4	82,25	5,44	6,6
3 AM	1	4,84	0,50	0	0	0,50	1,50	0	0	0,50	2	0	0	1	2,75	46,10	3,35	7,2
	3	38,76	1	0	0	0,75	1,75	0	0	0,50	2,50	0	0,75	1	2,75	41,88	3,52	7,9
4 AAterra	1	2,42	0,75	0	0	0,50	1	0	0,25	1	5	0	3	1	4	149,50	21,42	14,3
	3	19,38	5,25	0	0,50	1	6,25	0	2,75	1	6,25	0	2,25	1	4,25	245,05	20,37	8,2

BIJLAGE 2c. Code beoordelingsschaal.

6-5-'82: stand: 0 = plant dood, 8 = zeer goede plant.
: aantasting rand v/h blad en in het hart v/d plant: 1 = lichte aantasting; 3 = vrij zware aantasting
aanw. plant:) + plant dood; 1 = één plant per pot
19-5-'82: zie 6-5-'82
1-6-'82: stand: 1 = weinig massa; 8 = zeer veel massa
: aantasting: zie 6-5-'82
: kleur: 1 = licht van kleur; 5 = donker van kleur

BIJLAGE 3. Variantie-analyse* van gewaskenmerken van sla (IB 6422) als F-waarden.
APP. 3. Analysis of variance of growth characteristics of lettuce, F-value.

	Massa cijfer 15-10-82	Kleur cijfer 15-10-82	Massa cijfer 9-11-82	Draaiing blad 9-11-82	Blad verbr. 9-11-82	Vers gewicht 15-11-82	Droog gewicht 15-11-82	Droge stof stof % 15-11-82
Grondsoort	11.545 +++	12.126 +++	15.582 +++	0.061	0.864	19.874 +++	14.813 +++	4.429 ++
N-hoeveelheid	2.761 +	0.500	3.523 ++	0.833	0.007	4.432 +++	2.544 +	1.164
N-soort	1.855	1.626	3.266 +	0.029	1.101	3.290 +	2.835 +	0.934
Remmer hoeveelheid	25.387 +++	16.478 +++	49.689 +++	20.816 +++	73.767 +++	96.566 +++	69.687 +++	12.050 ++
Soort remmer	6.442 +++	25.089 +++	62.945 +++	61.508 +++	47.346 +++	76.966 +++	59.871 +++	10.575 ++
Grondsrt. x N-hoeveelheid	1.676	1.623	2.463 +	0.000	0.000	3.889 ++	2.590 +	15.559 ++
Grondsrt. x N-soort	1.898	2.422 +	0.624	0.000	0.000	1.050	1.274	0.562
Grondsrt. x remm. hoeveelheid	1.936	0.933	2.068	1.752	4.755 +	2.111	1.562	2.933 (+
Grondsrt. x remm. soort	4.511 +++	1.905 (+)	10.480 +++	1.281	2.531 +	9.844 +++	7.735 +++	3.883 ++
N-hoeveelheid x N-soort	0.595	0.172	0.289	1.297	0.041	0.365	0.094	0.806
N-hoeveelheid x remm hoeveelh.	0.595	0.902	0.563	0.301	2.488	0.138	0.212	1.228
N-hoeveelheid x remm. soort	1.917	1.671	1.251	2.616	0.037	0.211	0.387	0.862
N-soort x remm. hoeveelheid	0.335	1.848	0.104	0.984	0.857	1.097	0.959	2.163
N-soort x remm. soort	1.057	2.273 (+)	0.542	0.468	2.985 +	1.945	2.078	1.609
Remm. hoeveelheid x remm. srt.	6.963 +++	6.453 +++	32.043 +++	15.224 +++	47.280 +++	40.083 +++	32.501 +++	7.196 ++
N-hoeveelh. x N-srt. x remm.srt.	0.056	1.938	0.262	0.529	0.037	0.381	0.628	0.554
N-hh. x remm. hh. x remm. srt.	0.860	0.518	2.255 +	1.384	2.248 +	1.488	1.823	0.584
N-srt. x remm. hh. x remm. srt.	1.100	2.022 (+)	1.300	1.384	0.774	2.001 (+)	2.011 (+)	1.191
Grondsrt. x remm.hh. x remm.srt.	1.963 (+)	3.291 ++	4.215 ++	3.079 ++	2.531 +	6.351 +++	4.635 +++	3.857 ++
N-srt x N-hh. x remm. hh.	1.600	0.559	2.344	3.091 (+)	2.488	0.746	1.585	0.792

*) zie bijlage 1

BIJLAGE 4. Gewaskenmerken van sla bij diverse combinaties van grondsoort, remmerhoeveelheid en remmersoort.
APP. 4. Means of growth characteristics of lettuce for combinations of soil type and quantity and kind of nitrification inhibitor.

Remmer-srt.	Remmer-hh., mg/l		15-10-'82		9-11-'82			15-11-'82		
			massa	kleur	massa	draaiing blad	bladverbranding	vers gew.	droog gew.	droge stof %
Oud bouwlandzand										
0 geen			5,50	1,77	7,39	0	0	102,87	4,41	4,28
1 Nitra-	0	0								
pyrin	1	2,42	6,44	2	7,19	0,44	0	105	4,48	4,27
	2	9,69	5,63	2,31	5,67	3,83	0,31	56,62	2,95	5,25
	3	19,38	4,38	3	3,38	3,69	3,75	17,73	1,19	8,18
2 DCD	0	0								
	1	4,84	6	2	7,56	0,19	0	104,42	4,49	4,31
	2	19,38	5,81	2,13	7,31	0,25	0	95,47	4,13	4,34
	3	38,76	5,13	2,13	6,50	0,63	0	76,94	3,46	4,74
3 AM	0	0								
	1	4,84	5,69	1,63	7,13	0,06	0	95,76	4,11	4,28
	2	19,38	5,19	1,75	7	0	0	91,74	3,97	4,33
	3	38,76	5,44	1,75	7,44	0	0	93,89	4,05	4,31
4 AAter-	0	0								
ra	1	2,42	6,38	2,06	7,50	0	0	109,45	4,76	4,36
	2	9,69	6	2,06	7,13	0,44	0	96,20	4,24	4,42
	3	19,38	5,81	2,19	6,63	0,63	0	85,61	3,98	4,65
Duinzand										
0 geen			5,55	1,54	6,64	0	0	91,94	4,06	4,66
1 Nitra-	1	2,42	4	3	5,25	0,75	0	55,09	2,94	5,36
pyrin	3	19,38	2,25	3	2,25	0	1,75	6,92	0,57	8,93
2 DCD	1	4,84	4	3	5,50	0	0	54,79	2,93	5,37
	3	38,76	2,75	3	2,75	0	1,25	11,11	0,76	7,31
3 AM	1	4,84	4,75	2,50	6,75	0	0	86,12	3,96	4,68
	3	38,76	4,75	3	7	0	0	83	3,88	4,69
4 AAter-	1	2,42	4,25	2,75	6	0,25	0	69,97	3,68	5,26
ra	3	19,38	3,75	2,75	5,75	0,50	0	72,84	3,79	5,24
Venige klei										
0 Geen			4,91	1,84	7,29	0	0	99,25	4,37	4,41
1 Nitra-	1	2,42	5	2	7,75	0	0	103,96	4,61	4,43
pyrin	3	19,38	4,25	2,25	5,50	2,50	0	55,16	2,95	5,35
2 DCD	1	4,84	5	1,50	7,50	0	0	101,50	4,56	4,50
	3	38,76	4,50	2	7,25	0	0	92,67	4,14	4,47
3 AM	1	4,84	5,25	1,75	7,50	0	0	109,93	4,84	4,40
	3	38,76	4,75	2	7,50	0	0	100,67	4,46	4,42
4 AAter-	1	2,42	4,50	2	7,25	0	0	92,05	4,15	4,51
ra	3	19,38	4,75	2	7	0	0	97,23	4,47	4,59
Lichte zavel										
0 Geen			5,77	1,86	7,52	0	0	107,99	4,61	4,28
1 Nitra-	1	2,42	6,25	2	7,50	0	0	113,79	4,98	4,28
pyrin	3	19,38	3,75	3	2,75	1,25	3	10,86	1,05	13,25
2 DCD	1	4,84	6	2	7,75	0	0	110,90	4,88	4,41
	3	38,76	5,75	2	7,50	0	0	95,85	4,30	4,48
3 AM	1	4,84	5	2	7,25	0	0	100,41	4,50	4,48
	3	38,76	5,25	2	7	0	0	101,05	4,46	4,41
4 AAter-	1	2,42	5,25	2	7	0	0	107,29	4,76	4,44
ra	3	19,38	5,75	2	7,25	0	0	115,37	5,23	4,53

BIJLAGE 4. Code beoordelingsschaal.

15-10-'82: massa: 1 = zeer kleine plant; 10 = forse plant
kleur: 1 = licht van kleur; 3 = donker van kleur
9-11-'82: massa: 1 = weinig massa; 10 = behoorlijk veel massa
draaiing blad: 1 = weinig draaiing; 5 = zeer veel draaiing
bladverbranding: 1 = weinig verbranding; 5 = plant bijna geheel weg