

Verlaging N niveau bij Roos

Onderzoek naar de mogelijkheden om rozen te telen met een permanent dan wel tijdelijk lagere N concentratie in het wortelmilieu om de N emissie te verminderen

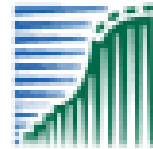
Wim Voogt, Nieves García, Nico Straver, Nol van der Burg

© 2006 Wageningen, Praktijkonderzoek Plant & Omgeving B.V.

Alle rechten voorbehouden. Niets uit deze uitgave mag worden veeveelvoudigd, opgeslagen in een geautomatiseerd gegevensbestand, of openbaar gemaakt, in enige vorm of op enige wijze, hetzij elektronisch, mechanisch, door fotokopieën, opnamen of enige andere manier zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van Praktijkonderzoek Plant & Omgeving.

Praktijkonderzoek Plant & Omgeving B.V. is niet aansprakelijk voor eventuele schadelijke gevolgen die kunnen ontstaan bij gebruik van gegevens uit deze uitgave.

PPO Publicatienr. 41616067



Projectnummer: 41616067

Praktijkonderzoek Plant & Omgeving B.V.
Sector Glastuinbouw

Adres : Kruisbroekweg 5, 2671 KT Naaldwijk
: Postbus 8, 2670 AA Naaldwijk
Tel. : 0174-636700
Fax : 0174-636835
E-mail : info.ppo@wur.nl
Internet : www.ppo.wur.nl

Inhoudsopgave

pagina

INHOUDSOPGAVE	3
1 AANLEIDING TOT DIT ONDERZOEK	5
1.1 Probleemstelling	5
1.2 Oplossingsrichtingen	5
2 INLEIDING	7
2.1 Achtergrondinformatie nutriëntenmanagement	7
2.1.1 Concentratie en voedingsopname	7
2.1.2 Voedingsoplossingen en streefwaarden in de mat	8
2.2 Dit onderzoek	8
3 UITVOERING ONDERZOEK: MATERIALEN EN METHODE	11
3.1.1 Teeltsysteem en watersysteem	11
3.1.2 Gewas	11
3.1.3 Belichting, kasklimaat en overige teeltmaatregelen	11
3.1.4 Regeling voeding en watergift	12
3.1.4.1 Behandelingen tot augustus 2005	12
3.1.4.2 Aanpassingen in de behandelingen na augustus 2005	13
3.1.5 Waarnemingen	14
3.1.5.1 Voeding	14
3.1.5.2 Gewasmonsters	14
3.1.5.3 Productie, kwaliteit en gewasstand	14
3.1.5.4 Houdbaarheid	14
3.1.5.5 Destructieve waarnemingen	15
3.1.6 Data verwerking en statistiek	15
4 RESULTATEN	17
4.1 Voeding	17
4.1.1 EC, pH en Waterverbruik	19
4.1.2 Stikstof opname door het gewas	21
4.1.3 Gewasanalyses	22
4.1.4 De Nutriëntenbalans	25
4.1.5 Spui en schatting N emissie	25
4.2 Gewas	26
4.2.1 Productie	26
4.2.2 Gewaslengte en gewicht	28
4.2.3 Gewaskleur en -stand	29
4.2.4 Wortels	30
4.2.5 Houdbaarheid	31
5 DISCUSSIE	33
5.1 Effect van N op groei.	33
5.2 Aanbod en opname van N	33

5.3	Het effect van Cl en SO ₄	35
5.4	Periodiek spui	35
6	CONCLUSIES	2
7	INTERPRETATIE EN MOGELIJKE PRAKTIJKTOEPASSING	4
8	VERVOLG ONDERZOEK	6
9	LITERATUUR	8
	BIJLAGE 2.1	11
	BIJLAGE 2.2	12
	BIJLAGE 3 WERKELIJKE NO ₃ , CL EN SO ₄ CONCENTRATIES	13
	BIJLAGE 4 DOSERING VAN NO ₃ EN NH ₄ IN DE BEHANDELINGEN TIJDENS DE PROEF, IN MMOL/L	14
	BIJLAGE 5 ANALYSERESULTATEN GEWAS	15
	BIJLAGE 6 OVERZICHT VAN DOSERING OVERIGE VOEDINGSELEMENTEN	17

1 Aanleiding tot dit onderzoek

1.1 Probleemstelling

Bij roos in substraat met hergebruik van drainwater (gesloten systeem) doen zich van tijd tot tijd problemen voor met de groei en gewasontwikkeling. Een relatie wordt gelegd met het continu hergebruik van drainwater. Bij spuien blijken de problemen niet op te treden. Tot nu toe is niet duidelijk waar de oorzaken liggen. Feit is dat met de spui een aanzienlijk hoeveelheid nutriënten (N en P) op het oppervlaktewater of op het riool wordt geloosd.

1.2 Oplossingsrichtingen

Binnen een groep waarin telers, LTO, teeltvoorlichters, waterkwaliteitsbeheerders en onderzoekers zijn vertegenwoordigd, zijn discussies gevoerd over de aanpak van de problematiek. Hierbij zijn alle mogelijke oorzaken van de groeiproblemen, die meestal de aanleiding zijn voor spui, de revue gepasseerd. De situatie blijkt gecompliceerd, er zijn geen eenduidige factoren die als bron van de groeiproblemen kunnen worden aangewezen. Wel zijn er enkele aanknopingspunten, die als apart spoor zouden kunnen worden gevolgd (zuurstofproblemen in de mat, contaminaties door anaërobie in drainwater). Onderzoek hiernaar zal nog tijd vergen, mogelijke toepasbare oplossingen voor de praktijk zijn nog niet in zicht. Spui lijkt dus voorlopig nog onvermijdbaar. Er is daarom gezocht naar maatregelen die zorgen voor minder problemen met de lozing van stikstof en andere nutriënten. Hiervoor zijn in theorie verschillende mogelijkheden:

- **Denitrificatie en defosfatering.** Voor het spuiwater geloosd wordt, wordt het water ontdaan van N en P. Deze mogelijkheid zou nader worden bekeken door het RIZA (afspraak projectgroep roos, dd 15/4/2006 te Rijswijk).
- **Verlaging van de N en P vracht in het spuiwater door verlaging van de N en P concentratie in het wortelmilieu.** Onderzoek bij tomaat en komkommer hebben aangetoond dat het mogelijk is tot zeer lage N concentraties in het wortelmilieu terug te gaan zonder productieverlies. Voor P liggen er ook mogelijkheden, zo bleek uit onderzoek met anjer en komkommer. Uit een globale scenarioberekening van een voorbeeldbedrijf (Bron dataset T. Cuijpers, HHRS Schieland) blijkt dat verlaging van de N en P concentratie in het wortelmilieu een substantiële verlaging van de lozing van beide elementen teweegbrengt, uitgaande van dezelfde spuistrategie.

Technisch gezien is de tweede mogelijkheid de meest aantrekkelijk met de minste kosten. Onderzoeksresultaten bij andere gewassen kunnen echter niet 1:1 vertaald worden naar roos. Er kunnen zich gewasspecifieke problemen aandienen. Zo bleek namelijk bij tomaat dat P-verlaging onverwacht ongewenste problemen gaf met neusrot. Daarom is onderzoek gedaan naar de effecten en grenzen van N verlaging bij roos. In dit rapport wordt het onderzoek en de resultaten beschreven en worden de conclusies vertaald naar toepassing in de praktijk

2 Inleiding

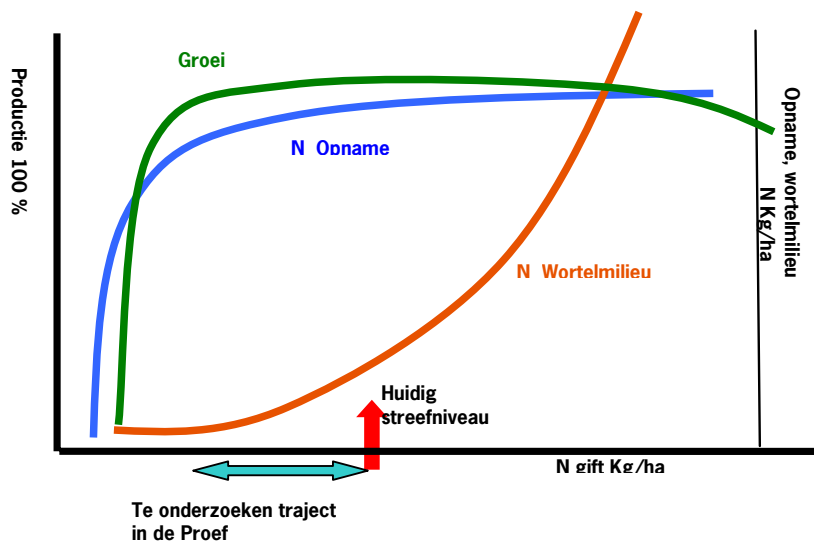
2.1 Achtergrondinformatie nutriëntenmanagement

2.1.1 Concentratie en voedingsopname

Afgezien van algemene “bodem”fysische en -chemische aspecten als zuurstof, temperatuur, pH etc. zijn voor de opname van nutriënten 3 aspecten van belang: de ionenconcentratie, de onderlinge ionenverhoudingen en de totale hoeveelheid in absolute zin die binnen het bereik is van de wortels. Voor voldoende opname is voor sommige elementen de concentratie essentieel. Bekend is dat voor voldoende Ca opname er een 3 – 5 maal hogere concentratie in het bereik van de wortels nodig is dan de concentratie die de plant ingaat (de opnameconcentratie). Voor andere elementen is de verhouding ook van groot belang, vanwege zogenaamde antagonistische werking (Mg, ook Ca). Voor N en P is echter juist de totaal beschikbare hoeveelheid belangrijk.

Een voorbeeld om dit verduidelijken. Per dag (gemiddelde dag in voorjaar) neem een rozengekas 3 l/m² aan water op. Voor de groei is daarbij ongeveer 0.2 g/m² aan stikstof nodig (2.1 kg/ha). In theorie maakt het daarbij voor de plant niet uit of deze stikstof aanwezig is in 10 l/m² aan substraatvocht met een EC van 1.8 en een N-concentratie van 10 mmol/l of in 100 l/m² met een lage EC en een lage N concentratie van 1 mmol/l, mits het bereik van de wortels voldoende is, of dat de doorstroming dusdanig is dat de benodigde N door diffusie of stroming binnen het bereik van de wortels komt. Aangevoerd is dat plantenwortels in staat zijn tot zeer lage N concentraties toch voldoende N op te nemen.

In het algemeen is de gewasreactie op een toenemende gift van een nutriënt (N als voorbeeld) zoals geschetst in Fig. 1.



Figuur 1: Gewasreacties (opname nutriënt en groei) op een toenemende gift van stikstof.

Vanaf een minimale hoeveelheid zal een verhoging van de gift door de planten snel worden opgenomen en een

explosieve groei- en dus productieverbetering geven. Hierbij zal nagenoeg alle stikstof opgenomen worden, zodat er van de extra gift in het wortelmilieu na enige tijd niets meer wordt teruggevonden. Bij een verdere verhoging zal de groeitoename afnemen en uiteindelijk ook het gehalte in het wortelmilieu worden verhoogd. De opname neemt nog wel wat toe, waarbij het gehalte in de droge stof van de plant dus nog stijgen. In het wortelmilieu geeft de extra gift nu een sterke ophoping omdat deze extra hoeveelheid maar voor een klein deel wordt opgenomen. Uiteindelijk geeft een verdere verhoging geen toename meer van de productie of kan ook gaan dalen door negatieve effecten van te hoog stikstof (verzouting!). Het verschil in opname tussen waar de groei maximaal is en de opname bij een hogere gift noemt met "luxe consumptie". De stikstof die de plant extra opneemt heeft niet een echte functie.

Bemestingsadviezen, zoals ook de bemestingsadviesbasis voor substraten is gebaseerd op onderzoeksresultaten zoals uit dit voorbeeld, aangevuld met ervaringen uit de praktijk. De streefwaarde worden dan altijd zo gekozen dat de groei/productie maximaal is en veilig is ten opzichte van de grenzen waarbeneden of waarboven productiedaling begint.

De werkhypothese is dat in het bemestingsadvies in het traject voor de streefwaarde voor stikstof er ruimte is om te kunnen verlagen, zonder consequenties voor groei en productie.

2.1.2 Voedingsoplossingen en streefwaarden in de mat

De bemestingsadviesbasis gaat uit van de situatie dat het teeltsysteem bestaat uit een teelt in een vast substraat, waarbij de watergift plaatsvindt met druppelaars, het overtollige water uitdraineert en wordt hergebruikt, na menging met vers water en verse voeding. Het is goed om duidelijk onderscheid te maken tussen de volgende termen:

Standaardvoedingsoplossing, dit is bedoeld als basis voor de berekening van het meststoffenrecept.

Druppeloplossing, dat is de gewenste samenstelling van het druppelwater, meestal bestaand uit een mengsel van drainwater en vers water aangevuld met de voedingsoplossing uit de mestbakken.

Streefwaarden (wortelmilieu / mat), dit is de gewenste samenstelling van de voedingsoplossing die zich in het substraat bevindt.

Drainwater, dit is de gemiddelde samenstelling van drainwater.

Streefwaarden met de bijbehorende boven- en ondergrenzen zijn bedoeld als richtwaarden voor de samenstelling van de voedingsoplossing in het wortelmilieu. Binnen de bandbreedte van de grenswaarden zijn er geen problemen met de voedingstoestand voor het gewas. De huidige streefwaarde is voor NO_3 12.5 mmol/l, met bandbreedte 8 – 16, bij een EC van 1.6 ($\text{NH}_4 = 0$). De standaardvoedingsoplossing is 5.1 mmol/l N, (4.3 mmol/l NO_3 en 0.8 NH_4) bij een EC van 0.7. De druppeloplossing is 12.5 mmol/l N (waarvan 11 NO_3 en 1.5 NH_4). De voedingsoplossing die wordt gedoseerd is vooral bedoeld om de streefwaarden in de mat gemiddeld te realiseren. De actuele waarden in het wortelmilieu zijn een resultante van hoeveelheid en samenstelling druppelwater, de gewasopname en de drainfractie. Voor roos is de standaardvoedingsoplossing zodanig vastgesteld dat bij gemiddelde opname, en een gemiddeld drainpercentage de streefwaarde gerealiseerd zal worden.

2.2 Dit onderzoek

In het onderzoek dat in dit rapport wordt beschreven, ging het er primair om de ondergrens voor N in de streefwaarden voor de mat te verlagen. Vanwege budgettaire redenen moest het aantal behandelingen in de proef beperkt blijven; daarom is er gekozen voor onderzoek naar verlagen van N. Het verlagen van P is niet in deze proef onderzocht.

Om de EC onveranderd te laten is de verlaging van N met andere anionen gecompenseerd. Zo zijn in de proefbehandelingen de SO_4 en ook Cl verhoogd. De te doseren voedingsoplossingen zijn telkens zodanig aangepast dat de streefwaarden van de behandelingen gerealiseerd werden. Deze zullen slechts gering gewijzigd worden, aangezien de opname, zoals mag worden verwacht, niet sterk verandert.

Er is bekeken welke effecten er door verlaging van N worden veroorzaakt en wat de grenzen zijn. Er is ook gekeken of continu verlaging, met continu spui, nodig is of dat ook gewerkt kan worden met een periodieke spui,

met daaraan voorafgaand een verlaging van N.

De teeltproeven zijn nauwkeurig gevolgd door een BCO (een Begeleiding Commissie Onderzoek) bestaande uit de telers Gerard van den Broek (De Kwakel) en Leo van den Broek (De Kwakel), de teeltvoorlichter L. J. Hartog (DLV) en ondersteund door M. Beelen (LTO groeiservice). De auteurs willen hen bedanken voor hun inzet.

3 Uitvoering onderzoek: materialen en methode

3.1.1 Teeltsysteem en watersysteem

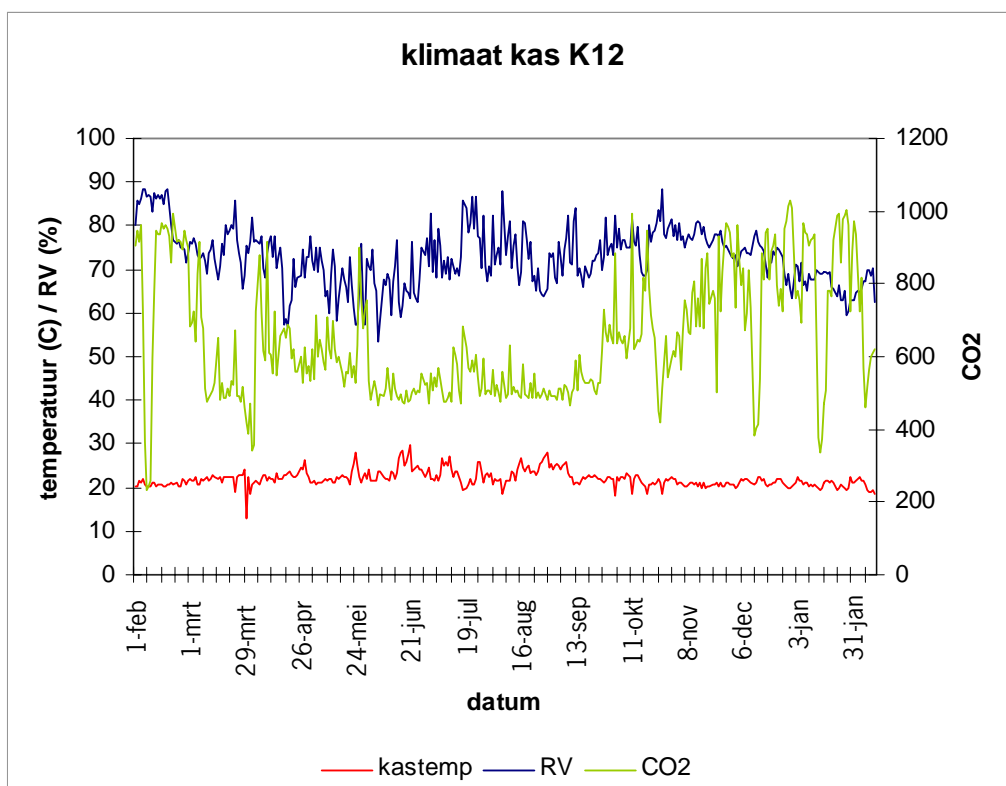
De proef is uitgevoerd tussen januari 2005 en februari 2006 in kas K12 van PPO in Aalsmeer. De kas heeft een oppervlakte van 150 m², en is uitgerust met 6 roltafels van 1.1x 12 m. Op elke tafel zijn twee teeltgoten geplaatst, die halverwege voorzien werden met een dwarsschot en elke verbonden met een aparte drainafvoer. Per bed waren er zodoende vier halve teeltgoten elke verbonden met een watersysteem. Het watersysteem bestond uit een voorraadbak van 600 l, pomp, druppelsysteem (capillair, 0.4 mm, cap. 2 l/uur), drainopvang. Het drainwater werd direct retour geleid in de voorraadbak. Elk watersysteem was verbonden met twee halve teeltgoten. Elke behandeling bestond uit twee watersystemen, een in de voorste- en een in de achterste helft van de kas, zodat elke behandeling bestond uit vier halve teeltgoten van 5.8 m². Per halve teeltgoot is een andere voedingsoplossing gegeven zodanig dat er in totaal 24 halve goten zijn ontstaan. De 6 behandelingen (zie 3.1.3) zijn op deze wijze in viervoud toegepast. De teeltgoten werden door middel van loting aan de watersystemen gekoppeld, zodanig dat er statistisch gezien 4 blokken ontstonden (resp. voor, achter, links en rechts in de kasruimte). Zie de plattegrond op bijlage 1

3.1.2 Gewas

Voor deze proef is conform de wensen van de begeleidingscommissie en klankbordgroep een volledig productieve 'Passion' gewas (geplant in augustus 2003) gebruikt. Het betrof een aanplant op eigen wortel op steenwol matten van 20 cm breedte. De plantdichtheid was 7 planten per m². Om de technische aanpassingen aan het voedingsysteem te vergemakkelijken zonder het gewas te beschadigen zijn de planten tijdelijk naar een naastliggende kas verplaatst. Hierna is het gewas terug in de proefkas geplaatst en gedurende 3 weken geregenereerd vóórdát de verschillende voedingsbehandelingen werden toegepast. Deze zijn vanaf 14 februari 2005 toegediend.

3.1.3 Belichting, kasklimaat en overige teeltmaatregelen

Indien het niveau van de buitenstraling daalde onder de 175 W, werd tussen 00:00 en 20:00 uur belicht met assimilatielampen met een intensiteit van 10.000 lux (113 µmol). Temperatuur, luchtvochtigheid en CO₂ concentratie zijn zo veel mogelijk conform praktijk gestuurd en geregistreerd. De figuur hieronder (Fig. 2) geeft een overzicht van de gerealiseerde etmaalgemiddelden weer. Klimaatinstellingen, gewasbehandelingen en gewasbeschermingsmaatregelen zijn uitgevoerd in overleg met DLV teeltadviseur L.J. Hartog.



Figuur 2: Gerealiseerd klimaat

3.1.4 Regeling voeding en watergift

De voedingsoplossing is gedurende de duur van de proef continu gerecirculeerd, behalve bij de behandelingen 5 en 6 omdat periodiek lozen een onderdeel uitmaakte van deze behandelingen (zie 3.1.3.1). De hoeveelheid en frequentie van de watergiftten werd conform praktijk geregeld aan de hand van stralingsgegevens en het percentage drain. In totaal zijn 6 verschillende oplossingen (behandelingen) toegepast.

3.1.4.1 Behandelingen tot augustus 2005

Tabel 1 hieronder geeft een overzicht van de behandelingen weer. Een detailsamenstelling van de meest oplossingen waarmee de behandelingen werden gerealiseerd is weergegeven in bijlage 2.

Tabel 1: Schema behandelingen tot augustus 2005

Nr.	Behandeling	EC	N		Beoogd	
			Standaard	Bij spui	Cl	SO ₄
1	standaard	1.5	10		< 1	2.0
2	laag N	1.5	6		2.5	2.75
3	zeer laag N	1.5	4		3.5	3.25
4	minimaal N	1.5	2		4.5	3.75
5	variabel N, aangepaste spui	1.5	10	< 2)*)*
6	variabel N, aangepaste spui	1.5	10	0)*)*

)* sterk wisselende concentraties samenhangend met de toegepaste spui

De genoemde N-niveaus zijn streefwaarden voor het wortelmilieu, waarbij de analysesresultaten van de bemonsteringen van de voorraadbakken maatgevend zijn. Behandeling 1 is daarbij conform de bemestingsadviesbasis. De Cl en SO₄ zijn toegepast als compensatie voor het verminderen van de EC, waarbij genoemde waarden als richtwaarde zijn bedoeld. Bij de behandelingen 5 en 6 werd het N niveau afgebouwd tot het bereiken van de tweede streefwaarden, waarna spui werd toegepast. Hiertoe werd dan de volledige inhoud van de voorraadbak vervangen door vers water en verse voeding conform de standaard. Alle overige voedingselementen werden toegepast volgens de adviesbasis. Voor de spoorelementen werden aanvullend richtwaarden vanuit de BCO begeleiding toegepast.

3.1.4.2 Aanpassingen in de behandelingen na augustus 2005

Naar aanleiding van de voorlopige resultaten tot augustus 2005, waaruit het bleek dat er nog geen verschillen te zien waren in het gewas als gevolg van de behandelingen met een stikstof gift van 4 mmol/l en hoger, is in overleg met de BCO besloten enkele behandelingen aan te passen.

Als eerste is behandeling 2, met een N gift van 6 mmol / l, vervangen door een behandeling met een N gift lager dan 2 mmol /l. Er bleek behoefte te zijn aan een duidelijke ondergrens voor N, Met de tot dan gevolgde proefopzet leek dit niet bereikt te worden.

Een andere belangrijke wijziging betrof behandeling 5. Het spui moment werd van toen af bepaald door een algehele verlaging van de EC voorafgaand aan een periode van spui tot 0,7 mS/cm. Dit komt overeen met een verlaging van de N niveau tot 4 mmol/l. Argumenten voor deze keus zijn het tot dan toe geringe verschil tussen de behandelingen 5 en 6 wat betreft N niveau voor het spuien, de wellicht moeilijke toepasbaarheid van de eerst gekozen lozingsstrategie in de praktijk (N verlagen voor het spuien bij gelijke EC is moeilijker voor een teler dan de gehele EC – nu al computergestuurd- te verlagen); en de wens de effecten van lage EC op het lozen van N en het gewas te bestuderen.

Tabel 2 geeft de behandelingen weer als gevolg van deze aanpassingen.

Tabel 2: Schema behandelingen vanaf augustus 2005

Nr.	Behandeling	EC	N
1	standaard	1.5	10
2	laag N	1.5	<2
3	zeer laag N	1.5	4
4	minimaal N	1.5	2
5	variabel N, aangepaste spui	1.5/0.7	10/4
6	variabel N, aangepaste spui	1.5	10/0

3.1.5 Waarnemingen

3.1.5.1 Voeding

Elke maandag werd een gemiddeld monster samengesteld uit de twee voorraadbakken per behandeling. Eenmaal per maand werden beide bakken apart bemonsterd. Ter vergelijking werden enkele keren ook matmonsters genomen voor nutriëntenanalyse. Analyses werden op dinsdag uitgevoerd, op woensdag werden berekeningen gedaan en op donderdag werd aan de hand van wekelijkse analyses berekend hoeveel water en voeding in de voorraadtank toegevoegd moest worden om de gewenste streefwaarde te realiseren en te handhaven. De benodigde gift NH_4 werd gesplitst, waarbij de helft op donderdag bij het prepareren van de bakken en de andere helft op maandag is gegeven. In bijlage 2 is een overzicht gegeven van de werkwijze en de meststofrecepten die zijn gebruikt. **pH** en **EC** van alle oplossingen werden driemaal per week gemeten en de pH werd zonodig aangepast. In het begin werd volstaan met deze EC en pH metingen. Vanaf mei zijn ook afzonderlijk metingen gedaan van de pH en EC in de drain en de mat. Vanaf juli is standaard op maandag de pH in de mat gemeten.

3.1.5.2 Gewasmonsters

Tijdens de looptijd van de proef zijn zesmaal gewasmonsters genomen. Hierbij is altijd het jonge volgroeide blad bemonsterd, daarnaast is enkele malen ook een monster van oud blad en van complete takken genomen. De monsters zijn op basis van destructie van droge stof geanalyseerd op N, Cl en S gehalte.

3.1.5.3 Productie, kwaliteit en gewasstand

De productie van het gewas is bijgehouden door dagelijks alle geoogste takken per proefvak te registreren (**aantallen**). Tevens is elke afzonderlijke tak gemeten (**lengte**) en gewogen (**gewicht**). Takken met afwijkende kwaliteit zijn geregistreerd.

De gewasstand is op verschillende momenten visueel beoordeeld. Per plant is de gewaskleur van de rechtopstaande scheuten en van het ingebogen bladpakket met behulp van een 0 tot 10 schaal beoordeeld, waarbij 0 = slecht (helemaal geel) en 10 = goed (volledig groen en gezond). Ook de mate van bladval is met een cijfer gekwantificeerd, waarbij 0 = veel bladval, en 10 = geen bladval.

3.1.5.4 Houdbaarheid

Incidenteel (een keer in de zomer en een keer in het najaar) is de **houdbaarheid** van de takken geproduceerd onder verschillende N niveaus bepaald. Hiertoe zijn 20 takken per behandeling (waarvan 5 per herhaling van elke behandeling) geoogst. De versgeoogste takken zijn onvoorbehandeld na een transportsimulatie op individuele vazen geplaatst in een volgens internationale standaarden geconditioneerde houdbaarheidsruimte (20°C en 65% RV).

3.1.5.5 Destructieve waarnemingen

Na afloop van de proef zijn nog een aantal individuele waarnemingen uitgevoerd. Van elk proefvak werden twee matten genomen en na verwijderen van het bovengrondse gewas en folie omgedraaid. Het **wortelgewicht** is gemeten door de wortels te verzamelen die aan de onderzijde van de matten af te schrapen waren. Verder zijn rapportcijfers gegeven voor de visuele **wortelkwaliteit** van het wortelpakket dat aan de onderzijde zichtbaar was.

3.1.6 Data verwerking en statistiek

De productie en kwaliteit data zijn verwerkt door middel van ANOVA met behulp van het statistiekprogramma Genstat.

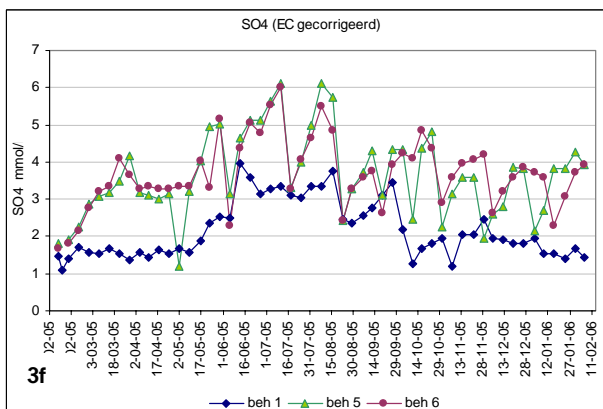
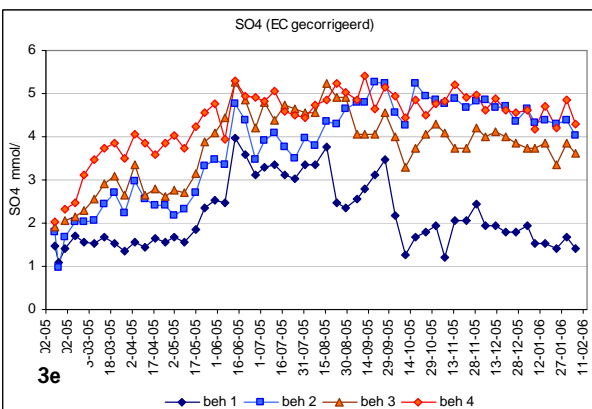
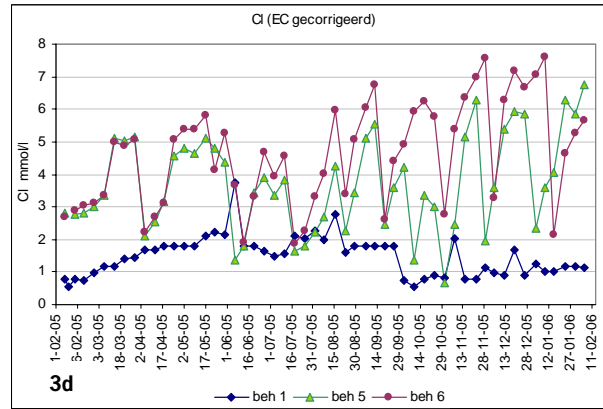
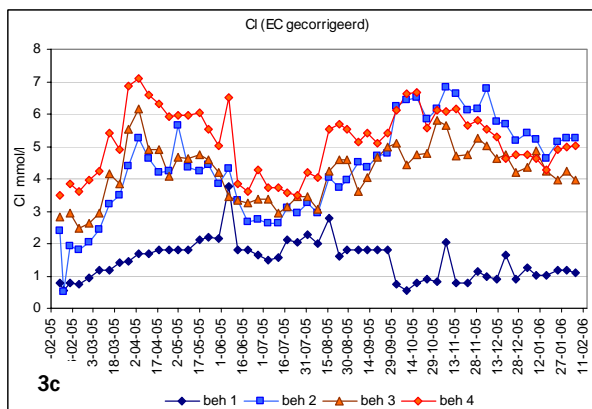
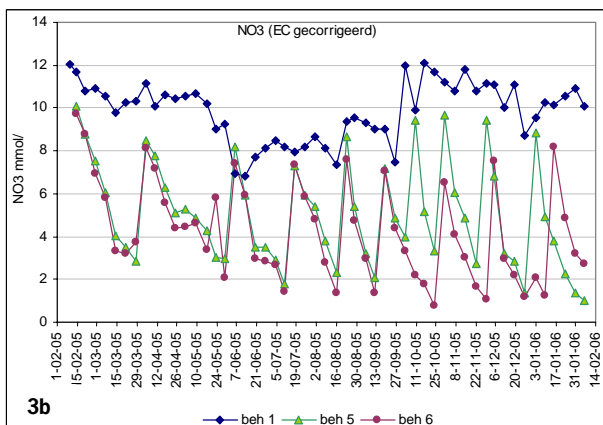
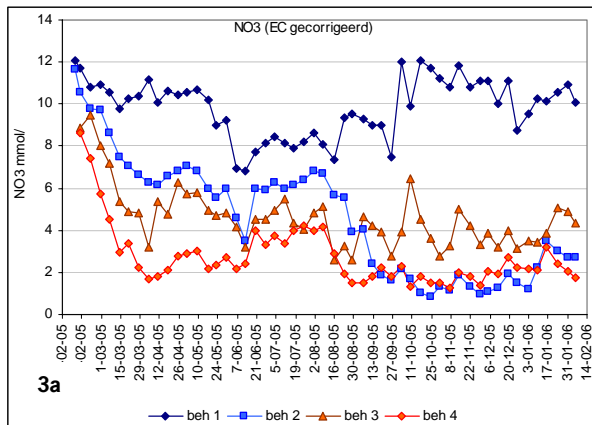
4 Resultaten

4.1 Voeding

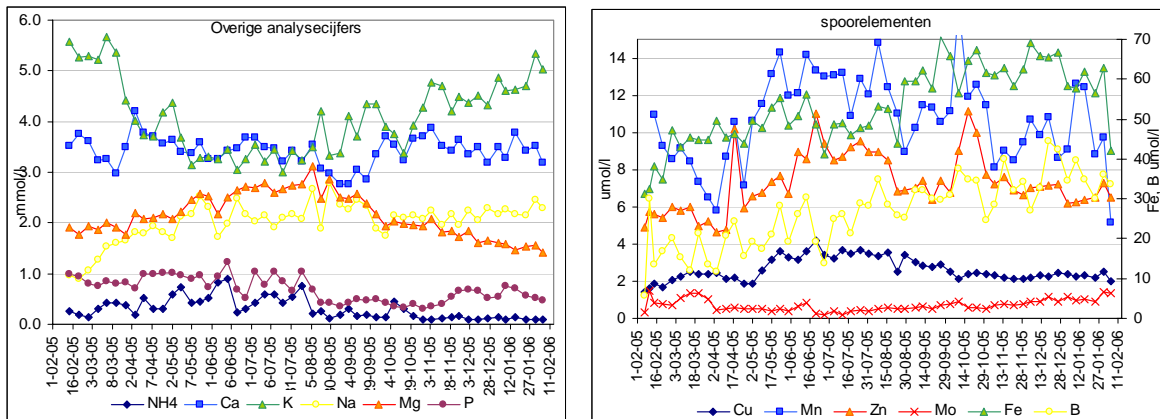
De resultaten van de wekelijkse bemonsteringen en analyses van het drainwater zijn samengevat in de figuren 3a tot en met 3g. Omdat de EC waarden nogal verschillen zijn de resultaten van NO_3 , SO_4 en Cl weergegeven omgerekend naar een vaste EC-streefwaarde (1.6). Voor de duidelijkheid zijn de behandelingen 1 t/m 4 en 5 en 6 zijn telkens in aparte figuren weergegeven. De werkelijke analysecijfers zijn weergegeven in bijlage 3. Het blijkt dat na instelling van de behandelingen begin februari het een aantal weken heeft geduurd voor de beoogde niveaus aan NO_3 bereikt waren. Uiteindelijk was vanaf eind maart de situatie in overeenstemming met de beoogde proefopzet. Uit de fluctuaties valt op te maken dat het niet eenvoudig is geweest de niveaus strak te handhaven. Dit heeft enerzijds te maken met fluctuaties in gewasgroei, waardoor er opnameverschillen zijn, maar ook door de onvermijdelijke vertraging die er is tussen moment van bemonstering en uitvoering van de aanpassing van de bakken (3 dagen). Uiteindelijk zijn er gemiddeld genomen wel duidelijke niveau verschillen geweest tussen de behandelingen 1 t/m 4. Verder zijn de schommelingen tussen de behandelingen zo geweest dat er het onderlinge verschil nagenoeg altijd aanwezig was. Uitzonderingen zijn de perioden rond half juni en begin augustus toen de behandeling 2, 3 en 4 soms dicht bij elkaar lagen. Ook is het verschil in NO_3 tussen behandeling 2, die conform afspraak vanaf half augustus werd verlaagd, en behandeling 4 vanaf september gering. Overigens blijkt dat de absolute NO_3 concentraties toch wel wat lager zijn geweest dan die van behandeling 4 (Bijlage 3). Bij behandeling 5 en 6 (Fig. 3b) is duidelijk te zien dat er telkens een geleidelijke afname is van de NO_3 concentratie na spuien. Opvallend is wel dat door het spuien de concentraties niet terugkomen tot op het niveau van behandeling 1. Dit komt doordat alleen de voorraadtank is verversd en niet tegelijk de voorraad die nog in de matten aanwezig is. Het verschil in NO_3 concentratie tussen behandeling 5 en 6 blijkt tot augustus zeer gering. Daarna treden wel verschillen op, maar die hangen samen met de gewijzigde proefopzet. De concentraties aan Cl en SO_4 bij de behandelingen 2,3,4 vertonen nogal wat fluctuaties. Met name de SO_4 concentratie bleek moeilijk te regelen. Naast wat hierboven bij NO_3 is opgemerkt heeft dit ook te maken met de grotere onnauwkeurigheid van de SO_4 analyse. De concentraties van de afzonderlijke behandelingen lopen hierdoor soms door elkaar heen. Alleen behandeling 1 is duidelijk op een lagere peil geweest.

Bij de overige hoofdtoedingselementen blijkt dat de K/Ca verhouding, behalve de eerste paar weken en ook op het laatst, goed in verhouding is geweest. De Mg concentraties zijn in de zomerperiode wat verhoogd geweest. De Na cijfers zijn vanaf het begin langzaam omhoog gekomen tot ongeveer 2.5 mmol/l, maar daarna stabiel gebleven. De P cijfers zijn aan de lage kant gebleven, vooral doordat de pH hoog was (Fig. 4). In de periode september – oktober is P mede laag geweest door een vrij lage P dosering.

De spoorelementen (Fig. 3g) kenden een wisselend verloop, de Fe gehalten zijn soms hoog geweest, evenals Mn op sommige momenten.



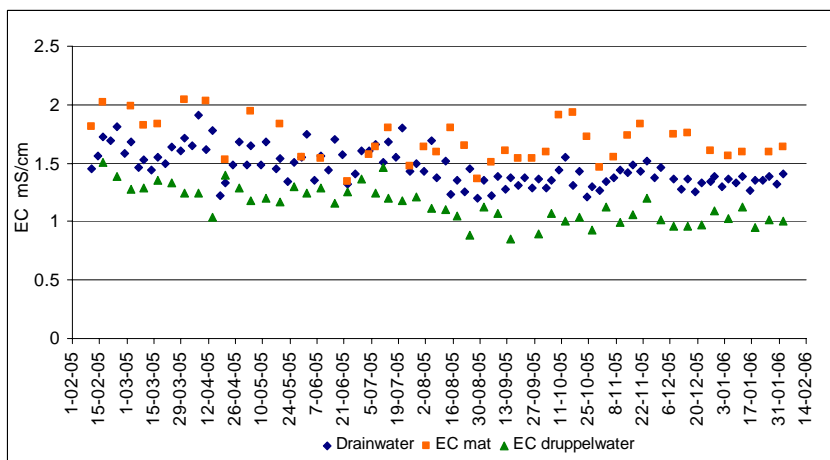
Figuur 3: Verloop analyseresultaten drainwater. a) Nitraat in behandelingen 1,2,3, 4; b) Nitraat in behandelingen 5 en 6 (spui) t.o.v. beh. 1; c) Chloride in behandelingen 1,2,3, 4; d) Chloride in behandelingen 5 en 6 (spui) t.o.v. beh. 1; e) Sulfaat in behandelingen 1,2,3, 4; f) Sulfaat in behandelingen 5 en 6 (spui) t.o.v. beh. 1.



Figuur 4: Verloop analyseresultaten drainwater; gemiddelde van alle behandelingen voor hoofdelementen Ammonium, Calcium, Kalium, Natrium, Magnesium en Fosfor (links), voor sporelementen Koper, Mangaan, Zink, Molybdeen, IJzer en Borium (rechts).

4.1.1 EC, pH en Waterverbruik

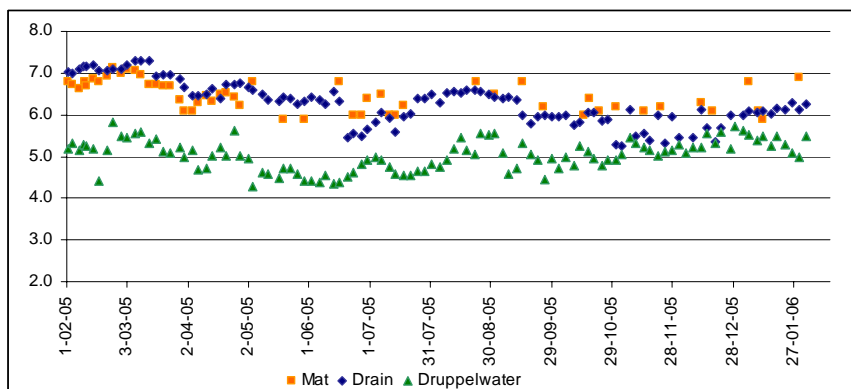
De gemiddelde EC van de bakken, een mengsel dus van drainwater en de voorraad voedingsoplossing is in Fig. 5 weergegeven. Gemiddeld is deze wat lager dan de EC van het drainwater. In de mat blijkt de EC als regel wat hoger te zijn dan het drainwater. Aanvankelijk was de regeling van de EC op de EC waarde in de mat, waarbij een streefwaarde van 1.6 is aangehouden. Later is dit gewijzigd en is een streefwaarde van 1.5 in het drainwater aangehouden. In de figuur is zichtbaar dat in het begin de EC op een hoger niveau ligt.



Figuur 5: Het verloop van de EC in drainwater, de mat en het druppelwater gedurende de teelt, het gemiddelde van de behandelingen 1 t/m 4.

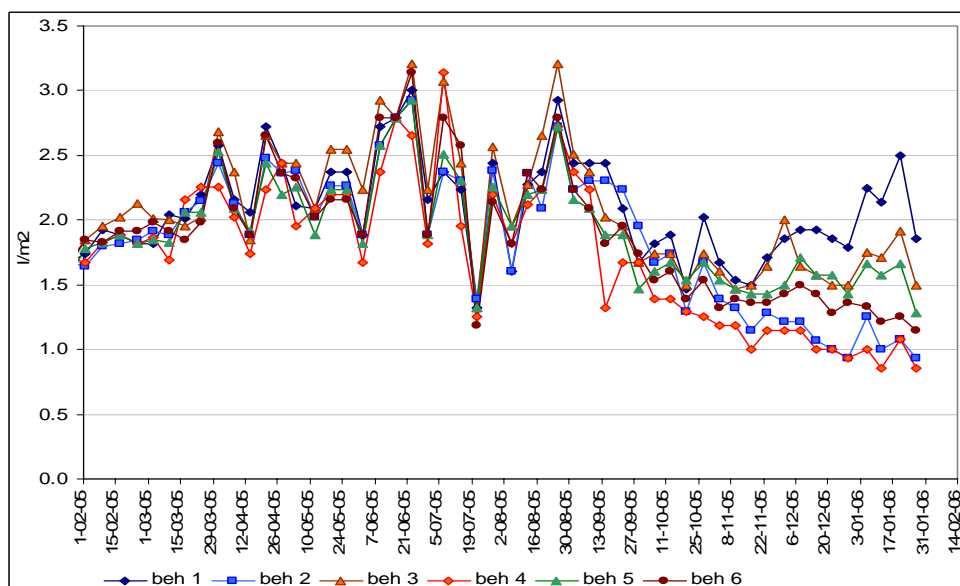
De pH bleek erg lastig te beheersen. In de mat bleef de mat hardnekkig op een hoog niveau steken. Er is langdurig extra NH_4 gedoseerd (zie bijlage 4); pas na enkele maanden is de pH in de mat gedaald tot aanvaardbare niveaus. De pH van de drain bleef eveneens hoog. Het druppelwater kon door de technische uitvoering van de proef alleen handmatig worden bijgesteld. Dit gebeurde driemaal per week, waarbij tevens de NH_4 gift werd toegediend. In de tussentijd liep de pH van de bakken weer op door bijmenging van drainwater. Deze stijging ging echter zeer geleidelijk door de grote buffer van water en voeding. Gemiddeld

is het druppelwater binnen acceptabele niveaus gebleven (tussen 4.8 en 5.8). Het blijkt dat bij behandeling 4 de pH vaker daalde. Dit is ook het geval met behandeling 2 na de aanpassing naar laag N vanaf augustus. Het lijkt er dus op dat het N-niveau effect heeft op de pH reactie door het gewas. Dit hangt waarschijnlijk samen met de verminderde vegetatieve ontwikkeling. Bekend is dat bij vegetatieve groei, als gevolg van de grotere NO_3 opname de pH als regel stijgt.



Figuur 6: Het verloop van de pH in drainwater, mat en druppelwater tijdens de teelt, gemiddeld over de behandeling 1 t/m 4.

Het waterverbruik is weergegeven in Fig. 7 zoals berekend kon worden uit het verschil tussen gift en drain. De grote schommelingen in de zomerperiode hebben te maken met donkere en zonnige perioden. Dit is duidelijk te zien als de gemiddelde stralingssom tevens weergegeven wordt in de grafiek. Het effect van assimilatiebelichting op het waterverbruik is goed zichtbaar in het verschil tussen de periodes februari – maart en oktober – januari. Hoewel beiden in de lichtarme periode vallen is in februari -maart het waterverbruik beduidend hoger en lijkt minder afhankelijk van de buitenstraling. Dit komt door de grotere invloed van de assimilatiebelichting in de eerste periode. In de latere periode is namelijk minder intensief belicht.

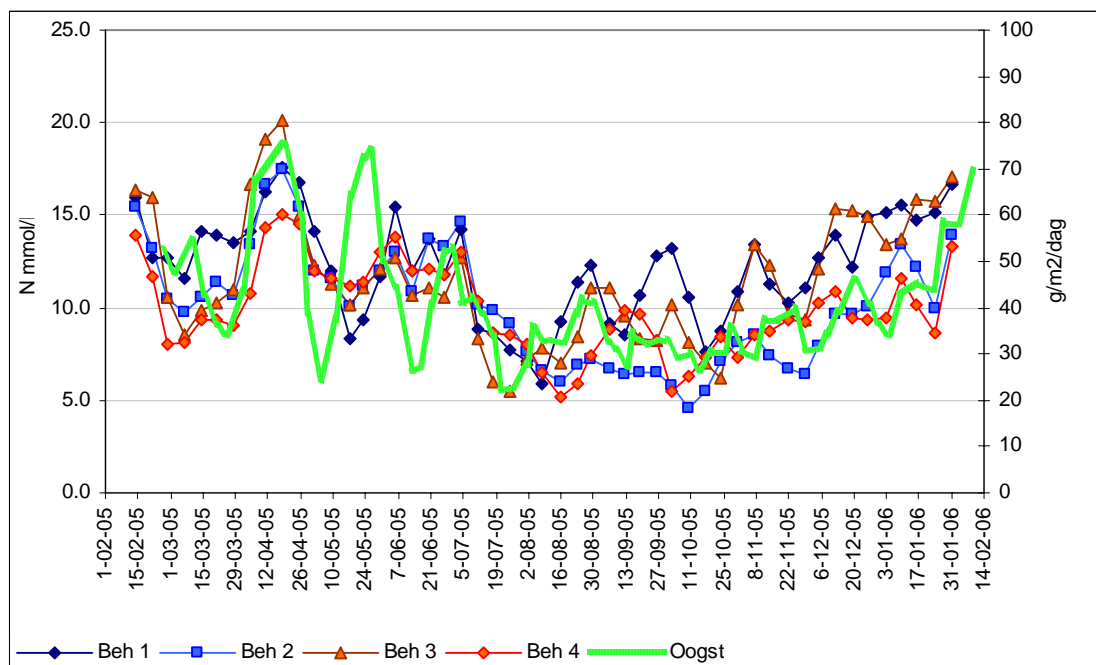


Figuur 7: Het gemiddelde waterverbruik (berekend als gift min drain) per behandeling.

Het drainpercentage schommelde gemiddeld tussen 40 en 60 %, maar om dezelfde drainpercentage te realiseren, moesten de verschillende behandelingen, met name vanaf oktober 2005, een verschillend aantal watergift beurten krijgen.

4.1.2 Stikstof opname door het gewas

Uit de monitoringsgegevens van watergift, mestverbruiken en de analysecijfers is de stikstof opname berekend. In Fig. 8 is de berekende wekelijkse opname per behandeling weergegeven.

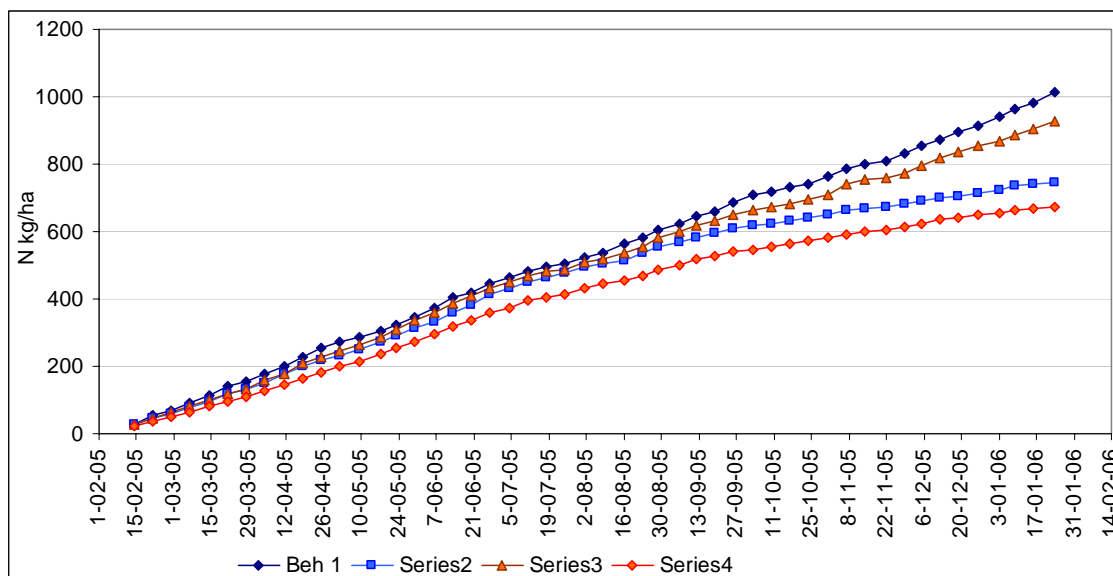


Figuur 8: De wekelijkse stikstof opname van het gewas per behandeling.

Het meest opvallende is dat – zeker in de eerste paar maanden - de opnameconcentraties bij alle behandelingen in dezelfde orde van grootte liggen. Vanaf augustus lopen de opnames meer uiteen en zijn vooral bij behandeling 2 en 4 beduidend lager dan van behandeling 1 en 3. Opvallend zijn ook de grote schommelingen, zodat de opnameconcentratie uiteen kan lopen van ca 4 tot 14 mmol/l in een maand tijd. In de periode februari tot juli lijkt er een zekere samenhang te zijn met de groei en ontwikkeling van het gewas. Dit blijkt uit de oogstwaarnemingen, die in deze periode nog het snee effect vertoonden (Fig. 17). De pieken in opnameconcentratie in die periode lopen ca vier weken voor op de snee. Dit is goed in overeenstemming met de uitgroeiduur van scheuten, die ook ca 4 weken bedraagt. Vanaf half juli is het snee effect nagenoeg verdwenen. Toch is er nog wel sprake van eenzelfde soort patroon in de opname, al is wel de amplitude kleiner. Wellicht dat het gewas toch nog enigszins in een snee cyclus verkeert, maar dat dit minder zichtbaar is in de oogstgegevens. Zichtbaar is ook dat de opnameconcentratie in de zomermaanden lager ligt dan in het vroege voorjaar, herfst en winter.

Het verschil tussen de vier behandelingen is beter zichtbaar als de opnames cumulatief worden weergegeven (Fig. 9). Duidelijk zichtbaar wordt dan dat de opname van beh. 4 van begin af aan lager is dan die bij de eerste drie behandelingen. Tot half augustus is de opname van beh. 2 en 3 nauwelijks

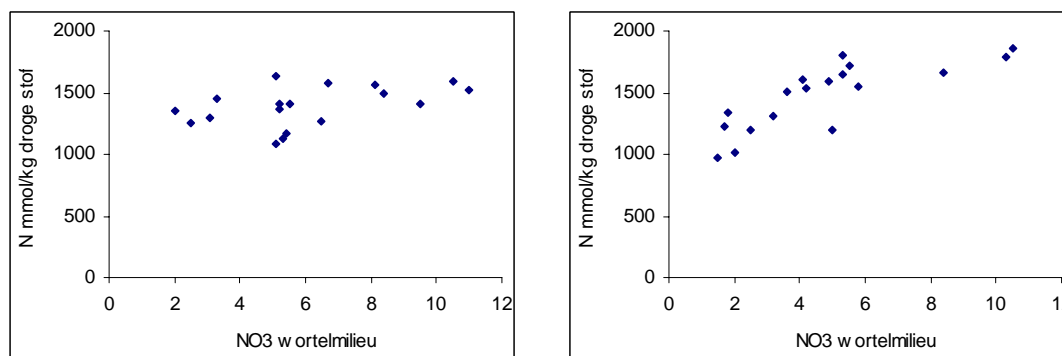
verschillend van beh. 1. Daarna gaat beh. 2 sterk afwijken en tendeert naar de getalswaarde van beh. 4, als logisch gevolg van de verlaging in N- niveau die toen is doorgevoerd. Opvallend is echter dat vanaf dat moment ook behandeling 3 minder sterk toeneemt in vergelijking met beh. 1. Met name vanaf half september wordt dit verschil duidelijk. Dit verschil blijft dan tot aan het einde van de proef licht toenemen.



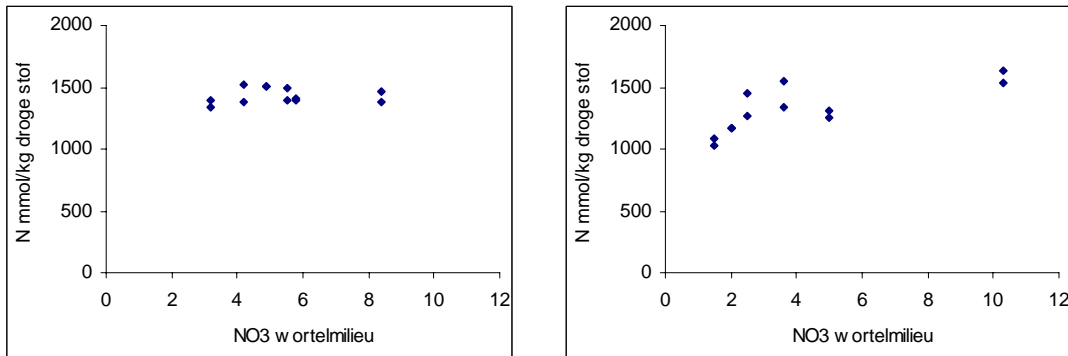
Figuur 9: Cumulatieve stikstof opname door het gewas voor behandeling 1, 2, 3 en 4.

4.1.3 Gewasanalyses

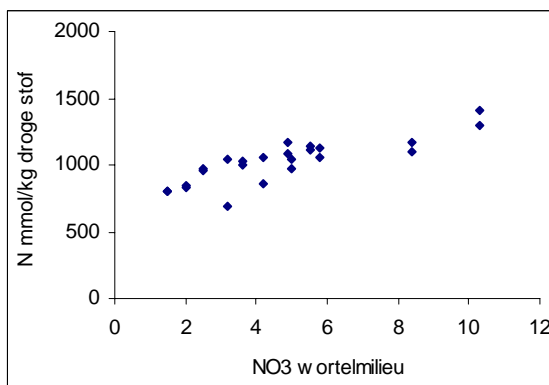
De analyseresultaten van het gewasonderzoek zijn opgenomen in bijlage 5. In de figuren 10 t/m 15 zijn de analyseresultaten weergegeven in samenhang met de concentraties aan N ($\text{NO}_3 + \text{NH}_4$) of Cl en SO_4 in het wortelmilieu. Hiervoor is de gemiddelde concentratie genomen over 1 maand voorafgaande aan de bemonsteringsdatum van het gewas. Het blijkt dat het N gehalte in het jonge blad vóór 1 september slechts in geringe mate is beïnvloed door de N concentratie in het wortelmilieu. Na 1 september blijkt er echter een sterke afname van het N-gehalte in het blad als de concentratie in het wortelmilieu lager is dan 4 mmol/l (Fig. 10).



Figuur 10: N gehalten in het jonge volgroeide blad (mmol/kg droge stof), uitgezet tegen de gemiddelde N concentratie in het wortelmilieu (mmol/l) in de periode vóór 1 september (links) en na 1 september (rechts)



Figuur 11: N gehalten (mmol/kg droge stof) in het oude blad, uitgezet tegen de gemiddelde N concentratie in het wortelmilieu (mmol/l) in de periode vóór 1 september (links) en na 1 september (rechts)



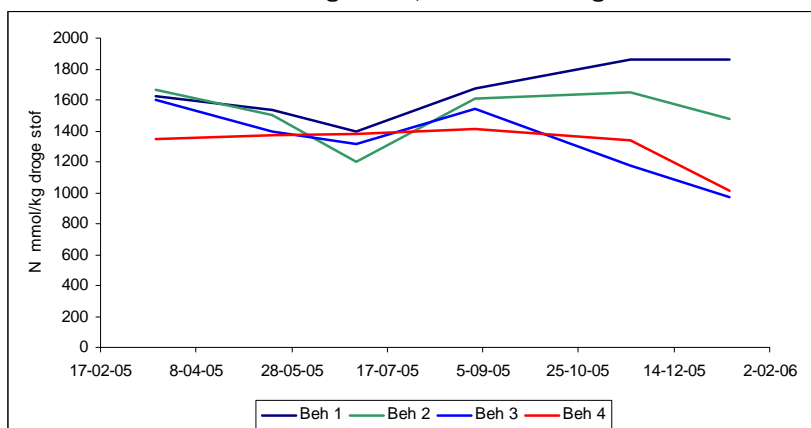
Figuur 12: N gehalten in takken (mmol/kg droge stof), uitgezet tegen de gemiddelde N concentratie in het wortelmilieu (mmol/l)

Bij het oude blad was dit verschil tussen beide perioden ook zichtbaar, maar omdat er minder frequent is bemonsterd zijn er minder datapunten (Fig. 11). Ook zijn complete takken onderzocht, maar omdat dit alleen in het laatste halfjaar is gebeurd is er geen onderscheid te maken tussen voor en na 1 september (Fig. 12). Bij de takken lijkt er een min of meer lineair verband te bestaan tussen het gehalte in de plant en de concentratie in het wortelmilieu. Omdat zowel in jong als oud blad er sprake lijkt van een sterke overgang bij een niveau van 4 mmol/l, zou geconcludeerd kunnen worden dat de lineaire daling van het N gehalte in de takken zich vooral in het stengelgedeelte afspeelt.

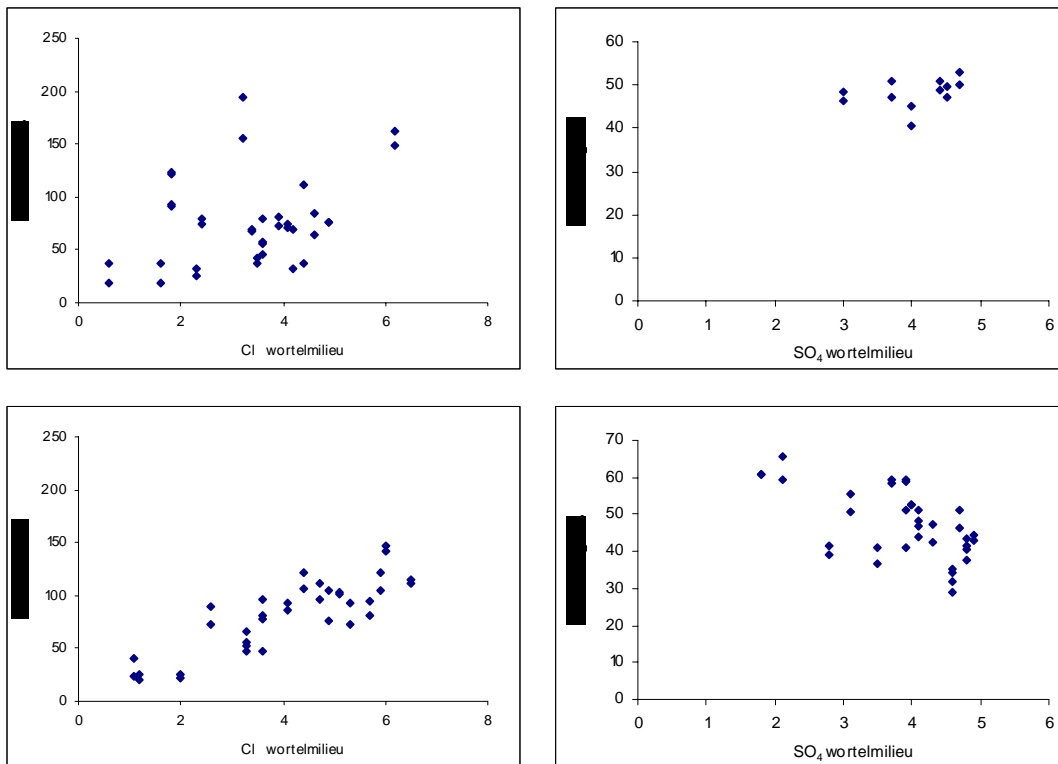
Als gekeken wordt naar de loop van het N-gehalte in het blad gedurende het jaar, dan blijkt dat de gehalten, met uitzondering van de

bemonstering in mei, tot 1 september vrij stabiel blijven. Daarna treden de veranderingen op. De gehalten bij behandeling 1 gaan toenemen, die bij behandeling 3 blijven gelijk maar zijn bij de laatste bemonstering iets lager, bij behandeling 2 en 4 dalen ze vrij sterk.

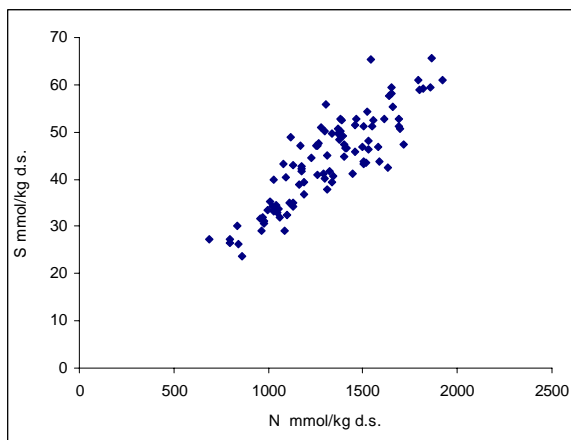
Bij Cl is in de eerste periode wel een stijging van het gehalte in het blad te zien, samenhangend met een hogere concentratie in het wortelmilieu, maar wel is er sprake van een erg grote spreiding (Fig. 13). In de periode



Figuur 13: Gemiddelde N gehalten in jong blad van behandeling 1 t/m 4, op de opeenvolgende bemonsteringsdata tijdens de proef



Figuur 14: Cl en S gehalten (mmol/kg droge stof) in het jonge blad, uitgezet tegen de gemiddelde concentratie in het wortelmilieu (mmol/l) in de periode vóór 1 september (links) en na 1 september (rechts)



Figuur 15: Verband tussen S en N gehalten in jong- en oud blad en takken

na 1 sept. is de spreiding veel minder sterk en is te zien dat het gehalte in de plant lineair toeneemt met de concentratie in het wortelmilieu (Fig. 14). Het is uit deze proef onmogelijk de conclusie te trekken of de verhoging van de Cl opname negatieve gevolgen heeft voor het gewas., vanwege de verstrengeling met de N-trappen. Wel kan een vergelijking worden getrokken met het zoutonderzoek in het verleden en met buitenlands onderzoek. Daaruit is af te leiden dat tot een niveau van 6 mmol/l aan Cl geen negatief effect hoeft te worden verwacht.

Voor zwavel is iets opvallends te zien; het S gehalte in de plant blijft hetzelfde (periode voor 1 sept.) of neemt juist af (ná 1 sept.) onder invloed van de SO_4 concentratie in het wortelmilieu (Fig. 12 en 13) en lijkt eerder parallel te lopen aan het gehalten van N. Dit wordt duidelijk als het S- en het N gehalte met elkaar in verband worden gebracht (Fig. 14). Het blijkt daarbij ook niet uit te maken of het gaat over bladeren, jong of oud, of over takken. De meest voor de hand liggende verklaring voor dit fenomeen is dat zwavel in de plant vrijwel

uitsluitend in eiwitten te vinden is en daar in een min of meer vaste verhouding tot N aanwezig is. De S-opname wordt daardoor klaarblijkelijk voornamelijk gestuurd door de N-vraag.

4.1.4 De Nutriëntenbalans

De totale N opname is berekend uit de toegediende meststoffen en het verschil in gehalte in de matten aan het begin en aan het einde van de proef. In tabel 3 zijn de resultaten samengevat.

Tabel 3: *Samenvatting opgenomen Stikstof*

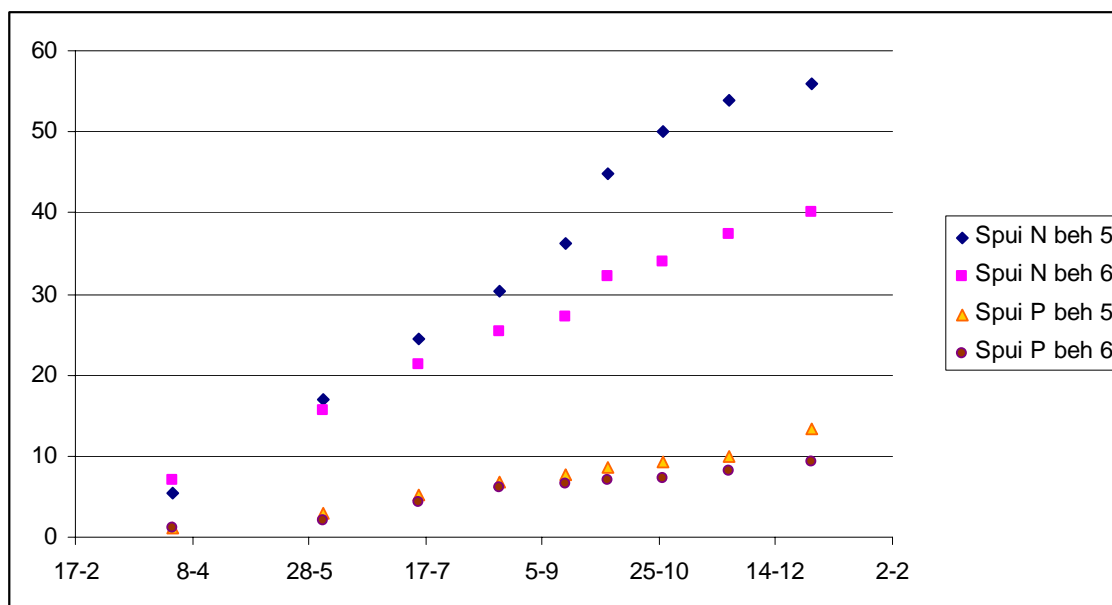
Behandeling	N verbruik		N totaal	%	water	mmol/l		
	NH ₄	NO ₃				NH ₄	NO ₃	N totaal
1	301	1052	1353	100%	777	2.7	9.6	12.3
2	263	846	1108	82%	691	2.6	8.0	10.6
3	295	1007	1302	96%	769	2.7	8.9	11.6
4	242	764	1006	74%	642	2.6	7.7	10.3

Aan deze cijfers vallen een aantal zaken op. In de eerste plaats is het verschil in totaal N verbruik tussen behandeling 1 en 3 slechts 4 %, terwijl het verschil in gemiddeld N niveau in het wortelmilieu maar liefst 60 % bedraagt. Ook het waterverbruik is nauwelijks verschillend. De behandelingen 4 en ook 2 zijn wel beduidend lager. Voor behandeling 2 is dit uiteraard veroorzaakt door de verlaging van het niveau vanaf augustus. Dat bij deze behandelingen wel een lager N verbruik is gevonden zal samenhangen met de groeireductie (zie verder hoofdstuk 4.2). Opvallend is verder dat de gemiddelde verbruiksconcentratie (ook wel opnameconcentratie), uitgedrukt als de totale opname in verhouding tot de wateropname, in mmol/l veel minder verschilt dan het absolute N-verbruik. Een ander opvallend fenomeen is de verhouding tussen NH₄ en NO₃: Ongeveer 20 – 25 % van het N-verbruik is als NH₄. Dit is opvallend hoog als het wordt vergeleken met andere gewassen. Daar is dit meestal niet meer dan 10 – 15 %.

In bijlage 6 is een overzicht opgenomen van de gemiddelde toediening aan overige voedingselementen

4.1.5 Spui en schatting N emissie

In Fig. 16 zijn de spui momenten weergegeven en de cumulatieve hoeveelheid N die bij respectievelijk behandeling 5 en 6 is gespuid. Tevens is de gespuidе hoeveelheid P weergegeven. Per keer spuien is ca 5 – 10 kg N ha⁻¹ gespuid en aan P 0.5 – 1.5 kg ha⁻¹. Tot half augustus zijn de verschillen tussen beh 5 en 6 niet groot. Na de aanpassing van de proefopzet t.a.v. spuien (zie hoofdstuk 3.1.3.2) neemt de hoeveelheid aan gespuid N bij beh. 5 aanzienlijk sneller toe.



Figuur 16 : Cumulatief gespuide stikstof en fosfor voor de behandelingen 5 en 6. Elke punt is een spui moment.

In tabel 4 staan enkele kengetallen over de spui. Met de gevolgde werkwijze is de spui beperkt gebleven tot < 10 % van het N gebruik, terwijl er van het waterverbruik maar liefst 28 % is gespuid. Van P is het % eveneens aanzienlijk lager dan van het waterverbruik. Dit heeft alles te maken met de pH die er voor zorgt dat gemiddeld in het drainwater veel lagere P gehalten voorkomen dan er gemiddelde via de gift aan voedingsoplossing het systeem ingaat.

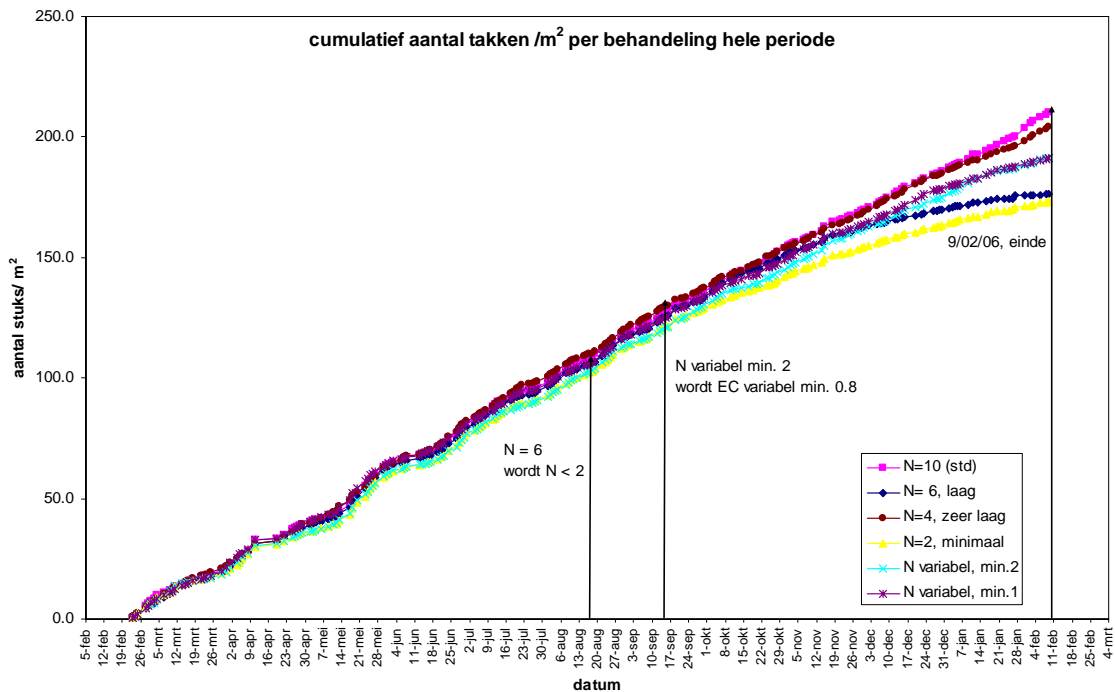
Tabel 4: Samenvatting gerealiseerde spui

Behandeling	gemiddelde spuiconcentratie		Totaal gespuid			Als % van gebruik		
	N	P	N	P	water	N	P	water
5	1.81	0.36	56.0	24.9	229	5.9%	12.4%	28.3%
6	1.32	0.29	40.1	18.5	239	4.1%	9.2%	28.3%

4.2 Gewas

4.2.1 Productie

De cumulatieve productie van het gewas is in Fig. 17 per behandeling weergegeven in aantal stuks per m². In de figuur is te zien dat gedurende lange tijd er geen noemenswaardige verschillen zijn tussen de behandelingen; alléén de behandeling met een N streefwaarde van 2 mmol/l geeft al vrij snel een lagere productie (gele lijn). Opvallend is verder dat het resultaat van behandeling 5 lange tijd het laagste is, terwijl behandeling 6, met min of meer dezelfde of lagere NO₃ concentraties daarentegen lange tijd bij de hoogste producties behoort. Nadat in augustus bij behandeling 2 de N streefwaarde 6 mmol/l verlaagd werd naar < 2 mmol / l resulteerde dit snel in een daling van de productie in stuks (donker blauwe lijn). Vanaf de zomer lopen de producties van behandeling 1 en 3 vrijwel gelijk, tot de laatste 2 maanden, dan blijkt die van behandeling 3 het niveau van behandeling 1 niet bij te kunnen houden. De afwijking van behandeling 5 en 6 ten opzichte van 1 en 3 blijven bestaan en lijken ook iets toe te nemen.



Figuur 17: Aantal takken per m^2 per behandeling, hele periode.

Als we de productiegegevens nader analyseren, zien we dat het verloop van de productie zich laat verdelen in 4 duidelijke periodes (te zien in tabel 5 en 6). Het blijkt dat de grootste verschillen met name in de vierde periode zijn ontstaan:

- 1: de periode tot juni 2005; in deze periode zijn geen significante verschillen tussen behandelingen.
 - 2: de periode half juni tot half augustus 2005, hier is alléén een licht productieverschil tussen de behandeling met de laagste N streefwaarde en de rest. Het verschil is echter nog niet significant.
 - 3: de periode vanaf augustus (wijzigingen in de proefopzet) tot half november. De productie van behandeling 4 is nu significant lager dan die bij behandeling 1 en 3 (en ook van die van behandeling 5 en 6). In deze periode vertoont behandeling 2 een scherpe daling van de productie, de productie van beh. 2 en 4 verschillen niet significant van elkaar. Alle overige behandelingen (dus ook de behandeling met een streefwaarde van slechts 4 mmol N) laten onderling geen significante verschillen zien in productie aantallen.
 - 4: de periode half november tot begin februari. In deze periode vertonen alle behandelingen (ook de behandeling met streefwaarde 4 mmol N) een afname in de productie in vergelijking tot de controle behandeling. De productie van behandeling 2 en 4 is significant lager dan die van alle overige behandelingen. De productie van behandeling 1 is wat betreft takken/ m^2 significant hoger dan die van behandeling 5 en 6, maar net niet van behandeling 3. Dit geldt echter wel voor de totale gewichtsproductie, waarbij ook behandeling 3 significant een hogere productie had dan bij behandeling 5 en 6.
- Over het totaal genomen blijkt dan dat behandeling 1 en 3 significant een hoger productie hebben dan behandeling 2 en 4, maar niet dan 5 en 6.

Tabel 5: productie in aantal takken /m² verdeeld over 4 perioden en het totaal. Uitkomsten per periode met dezelfde lettercode verschillen niet significant van elkaar.

Beh.	t/m juni		juni-aug		aug-nov		nov-feb		totaal	
beh 1	68.6	a	42.8	a	51.6	. . c	47.1	. . . d	210.1	. b
beh 2	67.3	a	41.9	a	48.5	a b .	18.8	a . . .	176.5	a .
beh 3	69.2	a	43.5	a	49.2	. b c	42.0	. . c d	204.0	. b
beh 4	64.5	a	41.1	a	43.8	a . .	23.9	a . . .	173.2	a .
beh 5	64.4	a	42.2	a	48.1	. b c	36.6	. b c .	191.4	a b
beh 6	69.0	a	40.5	a	49.0	. b c	32.5	. b . .	191.1	a b

Tabel 6: productie in kg/m² verdeeld over 4 perioden en het totaal. Uitkomsten per periode met dezelfde lettercode verschillen niet significant van elkaar.

Beh.	t/m juni		juni-aug		aug-nov		nov-feb		totaal	
beh 1	2.95	a b	1.67	. . c	1.86	. . c	1.95	. . . d	8.44	. . c
beh 2	2.97	a b	1.62	a . .	1.64	a . .	0.57	a . .	6.80	a b .
beh 3	3.09	. b	1.68	. b c	1.78	. b c	1.66	. . c	8.22	. . c
beh 4	2.75	a .	1.50	a . .	1.44	a . .	0.78	a . .	6.48	a . .
beh 5	2.80	a b	1.61	. b .	1.68	. b .	1.39	. b .	7.48	. b c
beh 6	3.04	. b	1.63	. b .	1.70	. b .	1.23	. b .	7.60	. b c

4.2.2 Gewaslengte en gewicht

Gedurende de gehele onderzoeksperiode is van elke geoogste tak de lengte en het gewicht geregistreerd. Gemiddeld vallen alle takken in dezelfde lengte klasse (lengte 7) en verschilt de taklengte niet significant tussen behandelingen, met uitzondering van de laatste periode, waar behandeling 2 en 4 significant kortere takken hebben (tabel 7). Het gemiddelde gewicht van de takken scheelt maximaal 3 gram/tak tussen de behandelingen met de hoogste en de laagste N streefwaarde. Ook hiervoor geldt dat na augustus significante verschillen ontstaan en wel voor behandeling 2 en 4 ten opzichte van de overige behandelingen (tabel 8).

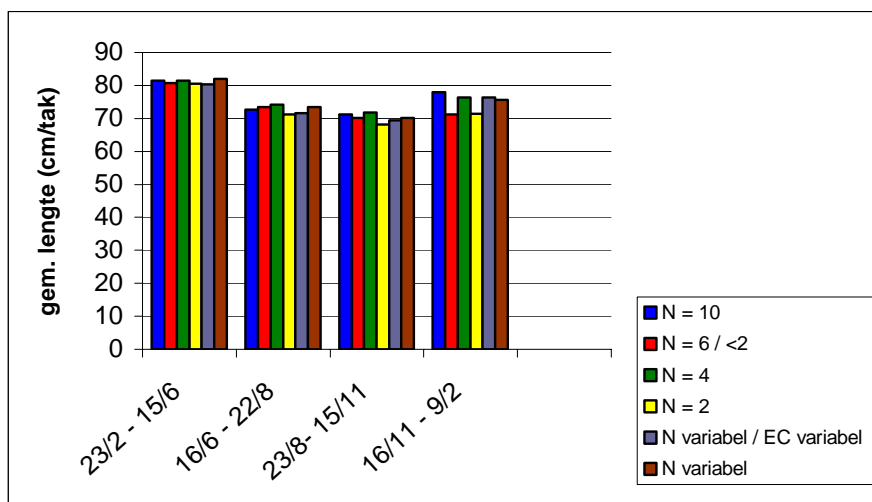
Tabel 7: Gemiddelde taklengte verdeeld over 4 perioden en het totaal. Uitkomsten per periode met dezelfde lettercode verschillen niet significant van elkaar.

Beh.	t/m aug		aug - nov		dec-feb		totaal	
beh 1	77.9	a	71.4	. b c	78.3	. b	76.3	. . c
beh 2	77.6	a	69.6	a b .	72.1	a .	75.1	a b .
beh 3	78.2	a	71.9	. . c	76.8	. b	76.5	. . c
beh 4	76.4	a	68.0	a . .	72.4	a .	74.0	a . .
beh 5	76.8	a	69.7	a b .	77.6	. b	75.0	. b c
beh 6	78.6	a	70.2	. b c	77.0	. b	76.1	. b c

Tabel 8 : Gemiddeld takgewicht (g) verdeeld over 4 perioden en het totaal. Uitkomsten per periode met dezelfde lettercode verschillen niet significant van elkaar.

Beh.	t/m aug		aug - nov		dec-feb		totaal	
beh 1	43.0	a	35.6	.b	42.2	..c	40.2	..c
beh 2	44.1	a	32.8	a.	30.8	a..	38.5	a.b.
beh 3	44.6	a	36.0	.b	39.9	.b.c	40.3	..c
beh 4	42.6	a	32.4	a.	33.0	a..	37.4	a..
beh 5	43.5	a	34.8	.b	39.0	.b.	39.1	.b.c
beh 6	44.0	a	34.8	.b	38.2	.b.	39.8	.b.c

Een negatief effect van de zeer lage stikstof concentratie in het wortelmilieu op de taklengte (Fig. 18) is eveneens alléén zichtbaar geworden tijdens de laatste periode en geldt niet voor de concentratie van 4 mmol/l, noch voor de behandelingen 5 en 6, waar de lage concentraties voorafgaand aan spui afgewisseld worden met gangbare concentraties. De afnemende taklengte tussen periodes volgt een normale patroon (gemiddeld iets kortere takken in de zomer periode, iets langere in de winter, en korter voor een ouder gewas dan voor een jongere gewas).



Figuur 18: Gemiddelde taklengte per behandeling en per periode

4.2.3 Gewaskleur en -stand

Gedurende de proef is zesmaal een gewasbeoordeling uitgevoerd: 11 maart, 10 mei, 29 september, 19 oktober, 2 november en 13 januari. De laatste twee keer heeft de BCO medebeoordeeld.

Voor de (visuele) beoordelingen van bladkleur, mate van bladval en de "stand van het gewas" (gedefineerd als de hoeveelheid, kleur en kwaliteit van de jonge scheuten), zijn de volgende 0-10 schaalindelingen gebruikt waarbij:

Kleur: 0 = geel, 10 fris groen

Stand: 0 = weinig scheutontwikkeling, 10 goede groei, veel jonge en dikke scheuten

Bladval: 0 = kaal; 10 = geen bladval

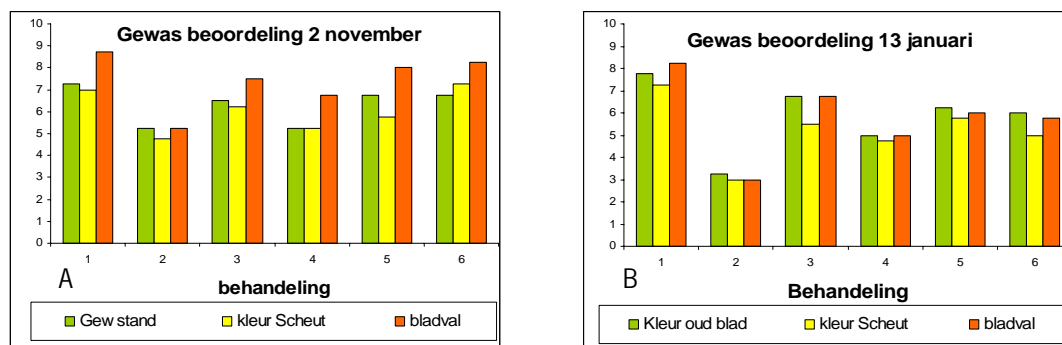
De beoordeling in maart leverden geen noemenswaardige verschillen op. In de meibeoordeling is voor het eerst bladvergelting en bladval geconstateerd in de vakken waar behandeling 4 (N = 2mmol/l) werd

toegepast (zie foto 1).



Foto 1: 10 mei; bladvergelting en bladval van behandeling 4 (2 mmol N/l) links, t.o.v. behandeling 1 (controle, rechts).

Gedurende de zomer leken deze gewaseffecten niet te verslechteren; integendeel, de september en oktober beoordelingen toonden wederom nauwelijks verschillen tussen behandelingen (data niet getoond). Dit is in de beoordelingen van november (Fig. 19) veranderd, en in januari was de kleur en stand van het gewas in de velden waar de behandelingen met een N concentratie van 2 of lager dramatisch slecht (Fig. 19).



Figuur 19: Resultaten gewasbeoordeling in november (A) en januari (B)

4.2.4 Wortels

De wortels na afloop van de proef zijn gemeten en visueel beoordeeld. Opvallend is de grote omvang van het wortelstelsel bij behandeling 2 en in iets mindere mate van behandeling 4, in vergelijking met het magere stelsel bij behandeling 1 (tabel 9). Ook de "kwaliteit", voor zover dat visueel kan worden beoordeeld leek aanzienlijk beter te zijn bij deze lage N behandelingen. Goede kwaliteit betekende in dit geval vooral veel witte wortels. Bij behandeling 1 was het wortelstelsel grotendeels bruin/zwart verkleurd en bleek op veel plaatsen ook te zijn afgestorven.

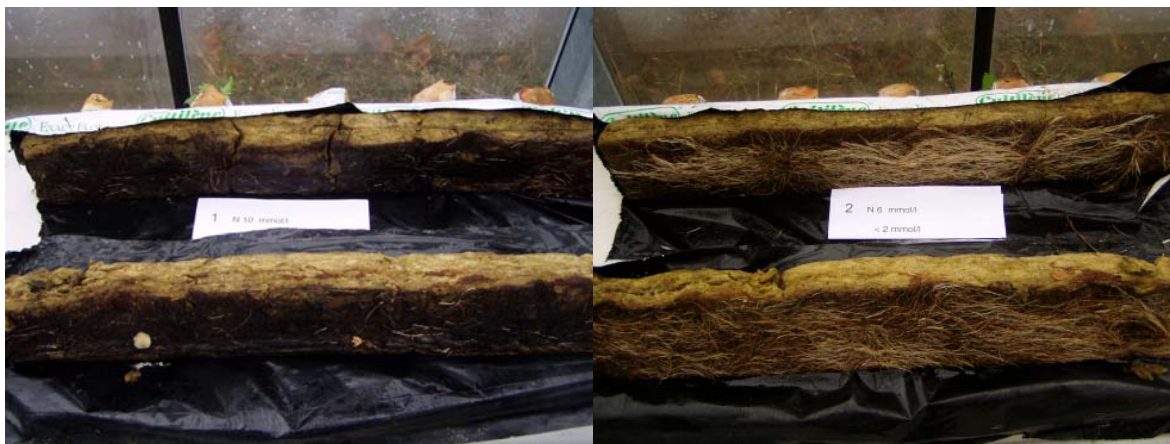


Foto 2: Beelden van het wortelstelsel aan de onderzijde van de mat, genomen na afloop van de proef bij behandeling 1 (links) en behandeling 2 (rechts)

Tabel 9: Gewicht aan wortels (drooggewicht) en visuele beoordeling (rapportcijfer) van de wortels aan de onderzijde van de mat, bepaald na beëindiging van de proef.

Behandeling	Wortelgewicht	Beoordelingscijfer	
	g/mat	wortelmassa	kwaliteit
1	7.0	2	3
2	25.0	8	8
3	7.8	4	5
4	10.1	7	7

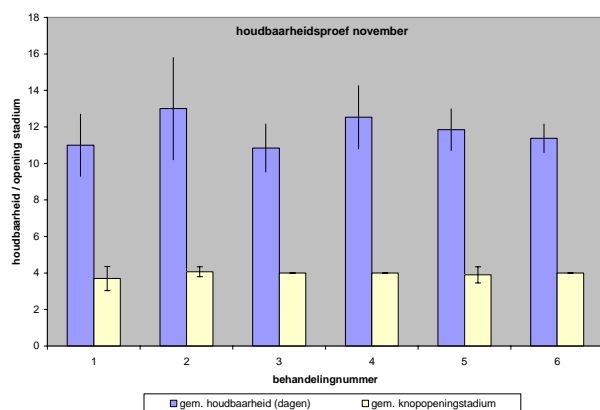
4.2.5 Houdbaarheid

De houdbaarheid van de takken afkomstig uit de verschillende behandelingen is twee maal beoordeeld. De eerste keer (oogstdatum 6 juli), zijn de takken na de oogst gedurende één nacht op vers water in de koelcel opgeslagen, waarna ze direct op de vaas zijn gezet. De houdbaarheid van alle takken, ongeacht de N concentratie waarmee ze zijn gegroeid, was zeer goed (tabel 10).

Tabel 10: Resultaten houdbaarheidsproef juli

Beh. nr	Behandeling	Gem. houdbaarheid (dagen)	Std	gem. openingstadium	Std
1	standaard N (10 mmol/l)	18.4	1.5	4.2	0.4
2	laag N (6)	18.4	1.3	4.1	0.3
3	zeer laag N (4)	18.4	2.0	4.0	0.6
4	minimaal N (2)	18.2	1.5	3.9	0.5
5	std N, var. Spui (tot 2N)	18.8	1.6	4.2	0.5
6	std N, var. Spui (tot 1N)	18.6	1.2	4.0	0.4

De tweede keer (oogstdatum 24 november) zijn de bloemen direct na de oogst in papier gerold en gedurende 4 dagen droog in een doos bij 4°C opgeslagen. Hierna zijn de bloemen op de vaas gezet. De bloemen kwamen overwegend goed open, en de houdbaarheid van de bloemen varieerde tussen de 9 en de 15 dagen. Gemiddeld stonden de bloemen van de behandelingen 1 en 3 met 11 dagen het kortst, en die van behandelingen 2 en 4 met gemiddeld ruim 13 dagen het langst. Echter, kwalitatief verschilden de



takken nogal van elkaar: de takken van behandeling 2 en 4 die op de vaas zijn gezet waren over het algemeen iets geler, en korter, en vertoonden een kleiner bladoppervlak; dit speelde mogelijk een rol in de waargenomen verschillen. De resultaten zijn grafisch weergegeven in Fig. 20.

Figuur 20: Gemiddelde houdbaarheid (met std) en knopopening per behandeling

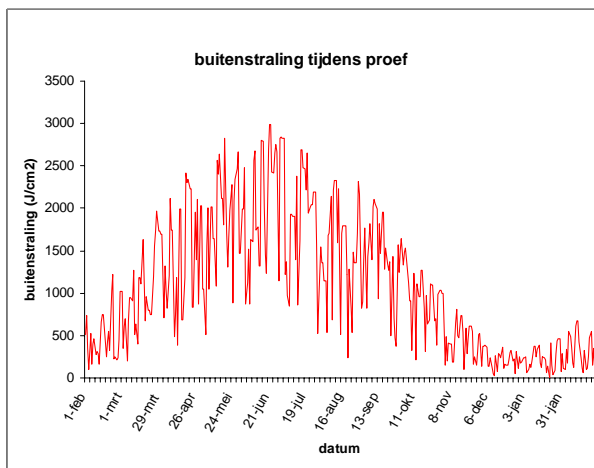
5 Discussie

5.1 Effect van N op groei.

Op basis van resultaten van N-trappen onderzoek bij andere (groente-)gewassen was de verwachting dat verlaagd N in het wortelmilieu weinig effect zou hebben op groei en productie. Uit de resultaten blijkt echter dat bij roos de gewasreactie wat anders verloopt. Het blijkt dat ten opzichte van behandeling 1, met het normale N-niveau, alle behandelingen met lager N minder gepresteerd hebben. Opmerkelijk is dat de verschillen vooral in de laatste paar maanden ontstaan zijn. Immers, tot medio augustus waren er nog nauwelijks verschillen te constateren, zowel niet in groei en productie als in de beoordelingen van de gewasstand. Alleen behandeling 4 had vanaf half juni een afwijkende, lichtere bladkleur en bleef de productie ook enigszins achter. Behandeling 2, waarvan besloten was het niveau aan te passen, vertoonde vanaf september een dramatische gewasreactie met bijbehorende groeireductie en productiedaling. Het gebied rond 2 mmol N / l blijkt dus duidelijk een te laag niveau te zijn, waar geen bruikbaar resultaat meer valt te behalen. Voor de verdere interpretatie van de proef is deze behandeling helaas niet meer bruikbaar. Groeiverschillen bij behandeling 3 werden vanaf medio oktober zichtbaar en in december ontstonden er significante productiever verschillen ten opzichte van behandeling 1. Bij nadere analyse van de gegevens blijkt nu dat zich ergens in de periode van augustus - september een omslag heeft voorgedaan. Zo blijkt uit de gewasanalyses dat na 1 september de N-opname wel beïnvloed is door de N-niveaus in het wortelmilieu, terwijl dit daarvoor nauwelijks het geval was. Dit is in overeenstemming met wat te zien is in het verloop van de N-opname dat vanaf die periode er daadwerkelijk ook minder N is opgenomen ten opzichte van behandeling 1, terwijl die verschillen er daarvoor nauwelijks waren. Het is daarom erg jammer dat dat de behandeling met de "tussenwaarde" van 6 mmol/l in de laatste periode niet meer met de proef heeft meegedaan. De vraag waar voor N in het wortelmilieu het niveau ligt waarbeneden een gewasreactie te zien is, is nu helaas moeilijk uit de proefgegevens af te leiden.

5.2 Aanbod en opname van N

De oorzaak dat het niveau van 4 mmol/l pas laat in het najaar gewasreactie vertoonde, zou samen kunnen

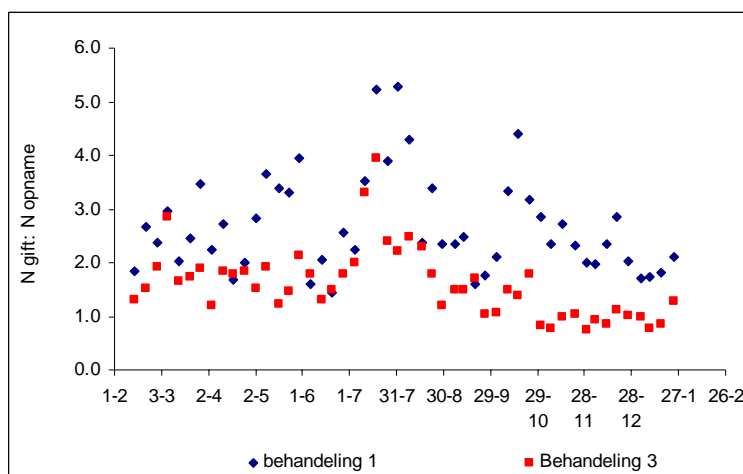


Figuur 21: Buitenstraling tijdens de looptijd van de proef.

hangen met de dynamiek van water- en voedingsopname. Bij de sterk afnemende transpiratie en wateropname als gevolg van de lagere lichtintensiteit (Fig. 21) is de totale watergift evenredig lager. In absolute zin wordt er per tijdseenheid dan ook minder N in het wortelmilieu aangevoerd dan in perioden met veel licht en verdamping. Tegelijkertijd is de opnameconcentratie aanzienlijk hoger dan in lichtrijke perioden, zodat de verhouding tussen het absolute N-aanbod en de N-vraag (opname) tussen lichtrijke en lichtarme perioden aanzienlijk kan verschillen. Een rekenvoorbeeld om dit te verduidelijken, waarbij is uitgegaan van gegevens zoals ze in deze proef beschikbaar zijn gekomen:

		Situatie			
		Zomer	Winter	Zomer	Winter
		Normaal N	Normaal N	Verlaagd N	verlaagd N
A	Watergift l/m ²	6	2	6	2
B	Drain %	40	40	40	40
C	Wateropname l/m ²	3.6	1.2	3.6	1.2
D	N concentratie voedingsoplossing Mmol/l	10	10	4	4
E	opnameconcentratie Mmol/l	5	10	4.8	9.5
	N gift A*D	60	20	24	8
	N opname C*E	18	12	17.3	11.4
	Verhouding gift : opname	3.3	1.7	1.4	0.7

Uit dit voorbeeld blijkt dat de verhouding tussen N gift en de gewasopname bij laag N veel dicht bij elkaar ligt en in de perioden met lage lichtintensiteit zelfs beneden 1 kunnen raken. Dit geeft aan dat er uitputting ontstaat. Het is dan afhankelijk van de buffer van de mat en de snelheid waarmee die buffer aangevuld wordt of de plant daadwerkelijk tekort zal komen. Hier speelt bovendien doorheen dat naast het aspect van de N-aanvoer, de beschikbaarheid voor de plant ook afhangt van het bereik van de wortels (de doorworteling van de mat) en diffusieprocessen in het geheel van het mat-wortelsysteem. Het is zeker niet uitgesloten dat ondanks het hoge drainpercentage en daardoor hoge verversingsnelheid in de mat er tussen druppelbeurten in uitputting heeft plaatsgevonden.



Een berekening is uitgevoerd naar de verhouding tussen N-gift en N-opname op basis van de data uit de proef van dagelijkse water- en N-gift, berekende wateropname en N-opnameconcentratie. In Fig. 22 is het resultaat weergegeven voor behandeling 1 en 3. Hoewel er een grote spreiding is in de uitkomsten, is wel te zien dat na september de verhouding voor behandeling 3 het getal 1 nadert en soms eronder zakt, zodat periodiek uitputting in de mat zeker tot de mogelijkheden heeft behoord.

Figuur 22: De verhouding tussen N opname en N gift berekend uit de gemeten en geregistreerde gegevens uit de proef, van behandeling 1 en 4.

5.3 Het effect van Cl en SO₄

Bij de uitwerking van de proefopzet is bewust gekozen voor een verstrengeling (koppeling) van N (NO₃) met Cl en SO₄ in de streefwaarden. Het is dan uit dat oogpunt uiteraard onmogelijk een scheiding aan te brengen tussen de mogelijke effecten van NO₃, Cl of SO₄. Voor interpretatie van de gegevens moet dan gekeken worden naar achtergronden, onderzoekservaring en literatuur over de te verwachten effecten van deze drie elementen. Voor SO₄ geldt dan dat hier geen bijzonder invloed van hoeft te worden verwacht. Het gedraagt zich vrij neutraal. Alleen beneden bepaalde niveau zou gebrek kunnen optreden. Bij toenemende concentraties is er nergens een ander negatief effect bekend dan dat stijging van SO₄ meestal samenhangt met EC stijging. In dit experiment is dat echter uitgesloten door de evenredige uitwisseling met NO₃ en Cl; alle behandelingen zijn op hetzelfde EC niveau gehandhaafd.

Van Cl is wat meer bekend dan van SO₄, er is vrij veel zoutonderzoek gedaan. Cl is in principe niet essentieel voor de plant, lage concentraties vormen dus geen probleem. Er zijn echter aanwijzingen dat het op sporelement niveau wel een rol speelt. Stijgende concentraties, vaak samenhangend met verzouting geven wel een probleem. Echter ook hier geldt dat dit vaak een EC effect is en meestal hangt dit ook samen met het vrijwel altijd tegelijkertijd aanwezige Na. Uit het zoutonderzoek is gebleken dat roos redelijk tolerant is voor NaCl. Er is echter weinig tot niets bekend over specifieke effecten van beide elementen afzonderlijk. Onderzoek van Baas en van de Berg (2004) wekt de indruk dat NaCl van 10 mmol/l bij een lage EC een negatief effect had en dat hierbij een gehalte van 50 mmol Cl/kg dr. st. werd gevonden. In dit experiment is echter geen Na gebruikt en was ook het niveau van 10 mmol/l Cl niet gehaald. Wel zijn de gevonden Cl gehalten beduidend hoger dan de 50 mmol/kg. Het lijkt echter, ook op grond van de ervaringen bij vele andere gewassen, logisch te veronderstellen dat het gevonden Cl gehalte in de plant op zichzelf niet de oorzaak van de gewasreactie is. Het is simpelweg het gevolg is van de hogere concentratie in het wortelmilieu en min of meer een osmotische compensatie voor de verminderde NO₃ concentratie in de plant.

5.4 Periodiek spui

Via het periodiek spuien is een forse besparing bereikt op de hoeveelheid N die werd gespuid. In de behandelingen 5 en 6 van deze proef is ongeveer 25 % van het totale waterverbruik daadwerkelijk gespuid. Door het lage N gehalte in het spuiwater is dit slechts < 10 % van het stikstofverbruik geweest. De hoeveelheid kwam uit 40 – 60 kg/ha aan N en was zo veel lager dan de hoeveelheid die soms in de praktijk gevonden wordt en die eerder in de hondertallen kg/ha loopt (Baltus en Volker Verboom, 2005) (Schieland, 2004). Een probleem is dat de productie effecten bij deze behandelingen lastig te duiden zijn. Behandeling 5 bleef in het eerste half jaar achter ten opzichte van de standaard. Dit is moeilijk toe te schrijven aan het – periodiek- lage N concentratie in het wortelmilieu, omdat behandeling 6, waar de N juist tot lagere concentraties werd afgebouwd, de eerste maanden in het geheel niet afweek van behandeling 1. In het tweede halfjaar bleef behandeling 5 qua productieniveau juist weer wel goed meedoen en ging behandeling 6 afwijken. Naar analogie van de interpretatie die gegeven is bij de 4 N-trappen lijkt het daarom logisch dat het periodiek afbouwen van de N concentratie in de lichtrijke periode (1 april – 1 okt) tot 2 mmol/l geen problemen zal opleveren. In de lichtarme periode moet daarmee voorzichtiger worden geopereerd en is afbouwen tot niet lager dan 4 mmol/l wenselijk.

6 Conclusies

Constateringen

- Roos blijkt gevoeliger voor verlaging van de N-concentratie dan te verwachten was op grond van de ervaringen bij andere gewassen.
- Verlaging van de streefwaarde voor stikstof in de mat tot 6 en 4 mmol/l gaf vanaf het begin, half februari, tot augustus, geen negatieve gewasreactie. Verlaging tot 2 mmol/l gaf na drie maanden de eerste symptomen van N-tekort en vanaf augustus bleef de productie duidelijk achter.
- Verlaging van 6 mmol/l tot beneden 2 mmol/l na augustus, zoals dit gedaan is bij behandeling 2 had een desastreus effect op de gewasontwikkeling. Hiermee lijkt aangetoond dat beneden een niveau van 2 mmol/l N-gebrek een serieus probleem is.
- Verlaging tot 4 mmol/l gaf in de periode oktober – januari een slechtere stand van het gewas en uiteindelijk een significant productieverlies over de laatste periode.
- De negatieve gewasreactie bestaat uit een slechtere gewasstand en bladkleur en uit zich vervolgens in een lager aantal takken en een iets lager takgewicht.
- De totale N opname blijkt ondanks de grote niveauverschillen in het wortelmilieu tot begin september nauwelijks te verschillen. Daarna neemt de opname weliswaar af met een afnemende concentratie in het wortelmilieu, maar de verschillen in absolute zin blijven beperkt.
- Periodiek spuien, waarbij de N concentratie wordt afgebouwd, beperkt de daadwerkelijke emissie tot beneden 100 kg N/ha.
- Door de afbouw van N voor het spuien kon de N hoeveelheid in de spui worden beperkt tot < 10 % van het N verbruik, terwijl er toch maar liefst 25 % van het waterverbruik werd gespuid.

Interpretatie

- Op grond van de gewasanalyses en aanvullende berekeningen over N-opname lijkt het meest waarschijnlijk dat de gewasreactie bij 4 mmol/l te maken heeft met een te beperkte N-beschikbaarheid, als gevolg van de geringere watergift bij lage lichtintensiteit
- Verlaging van N veroorzaakte een sterke wortelgroei, een bevestiging van een vaker waargenomen verschijnsel dat optreedt bij N-gebrekssituaties.
- Verlaging van N door evenredige uitwisseling van NO_3^- voor Cl^- en SO_4^{2-} geeft een stijging van het Cl gehalte in de plant maar heeft geen verhoging van de SO_4 opname tot gevolg. De S-opname heeft daarentegen een sterke samenhang met de N-opname. Op grond van het zoutonderzoek uit het verleden is het onwaarschijnlijk dat de gewasreacties bij verlaagd N veroorzaakt zijn door de hogere Cl gehalten in de plant.

7 Interpretatie en mogelijke praktijktoepassing

Bij het vertalen van de onderzoeksgegevens naar eventuele toepassingen in de praktijk is het uitgangspunt dat er geen concessies gedaan worden aan productie of productkwaliteit. De haalbaarheid is daarnaast afhankelijk van economische randvoorwaarden zoals kosten en risico's. Deze laatste afwegingen liggen echter buiten het kader van deze studie.

Bij de toepassing van de resultaten moet bedacht worden dat de resultaten behaald zijn bij een specifieke teelt en cultivar: het betrof een tweejarig gewas, cultivar 'Passion', vermeerderd op eigen wortel. Omdat bekend is dat er bij roos zeer grote verschillen zijn in water- en voedingsopname en wellicht ook in gewasreacties op nutriëntengehalten, moet bij "vertaling" en "toepassing" in de praktijk voorzichtig worden omgegaan met de gegevens.

Verlaging van N in het wortelmilieu kan minder ver gaan dan aanvankelijk was verwacht, omdat er bij te laag N groeireductie en kwaliteitsverlies optreedt. Niettemin zijn er op grond van de proefresultaten wel mogelijkheden een toepassing te vinden in de praktijk. Aangezien er tot ver in de zomer met 6 mmol NO₃ /l geen gewasreactie werd gevonden en ook de opname aan N nauwelijks bleek te verschillen lijkt een verlaging tot 6 mmol/l toepasbaar in periode 1 april tot half augustus. Helaas maakt het wijzigen van behandeling 2 vanaf half augustus het doortrekken van de conclusie voor de periode september tot in de winter onmogelijk.

Een tweede toepassing is het periodiek verlagen van de N concentratie voorafgaande aan het spuien. Het blijkt dat hiermee de spuihoeveelheid aan N zeer sterk kan worden verlaagd. Het is hier echter de vraag of dit systeem zich laat verenigen met de huidige praktijk van watermanagement en het aanpassen van mestbakken. Zolang er geen bruikbare techniek voorhanden is waarmee nutriënten concentraties adequaat gemeten en beheerst kunnen worden, is dit lastig uitvoerbaar

8 Vervolg onderzoek

Grenswaarden

Bij nadere beschouwing blijkt dat de gewasreacties bij behandeling 3, dus met 4 mmol N/l, sterk samen lijken te hangen met de dynamiek van het watergeven en de wateropname. Deze hebben op hun beurt een zeer sterke relatie hebben met de instraling. Op grond hiervan kan is het aannemelijk de lijn verder door te trekken tot een verlaging tot 6 mmol N/l in de gehele lichtrijke periode, die loopt van van 1 april tot 1 oktober. Voor de lichtarme periode, van 1 oktober tot 1 april zou verlaging alleen kunnen als de verhouding tussen N aanbod en N vraag zodanig in de hand wordt gehouden dat dit binnen veilige marges blijft. Met andere woorden als er een hoger drain % wordt aangehouden. Als men in staat is genoemde verhouding goed in de hand te houden is het in principe zelfs mogelijk in de zomermaanden met 4 mmol/l te telen. Nader onderzoek naar deze relaties is daarom gewenst.

EC

Naast de specifieke verlaging van N in de onderlinge verhouding van voedingselementen is verlaging van de EC ook een reële mogelijkheid. Hiermee wordt dan niet specifiek de N verlaagd, maar wel indirect. In de praktijk is de laatste jaren op uitgebreide schaal ervaring opgedaan met het telen bij lagere EC waarden in gift, mat en drain. In het verleden is wel onderzoek gedaan naar EC effecten, maar deze hadden vooral betrekking op zoutonderzoek, dus hoge EC waarden. Waar de ondergrenzen liggen en wat de effecten zijn bij lage EC niveau's is onvoldoende onderzocht.

Perspectief

Uitgaande van de kennis van plantenfysiologie (N en P opname) en ervaring met diverse andere gewassen is de verwachting dat deze methode teeltechnisch en bedrijfskundig daadwerkelijke mogelijkheden biedt. Om de grenzen van de teeltkundige mogelijkheden op te zoeken is praktijkonderzoek gewenst. Doordat er toegewerkt wordt naar grenzen waarbinnen optimaal geteeld kan worden zijn er risico's aan verbonden. Dit risico kan voor een deel worden afgedekt door intensiever bemonsteren en analyseren van het matwater. Daarom zullen nieuwe meetsystemen om on-line nutriënten te meten (Hydrión/ Priva) kunnen worden toegepast.

Implementatie

Nadat in de experimentele fase de grenzen verkend zijn en randvoorwaarden kunnen worden opgesteld, kan de implementatie fase worden begonnen. Verwacht mag worden dat er bij telers aarzeling zal bestaan deze strategieën toe te passen. Demonstratie objecten op een aantal plaatsen (teeltgebieden) in de praktijk zijn een eerste stap. Deze demonstratie zal, naast ondersteunend onderzoek, gepaard moeten gaan met intensieve voorlichting. Ook in de fase van implementatie op bedrijven zal een intensieve begeleiding noodzakelijk zijn om de methode toepasbaar te maken.

9 Literatuur

Schieland, hoogheemraadschap, 2004. Nieuwsbrief begrip op spui nr 3, maart 2004, WLTO, Adviesbureau Sonneveld, Tuinbouwadvies VandenEnde, Hoogheemraadacap Schieland, 4 pp.

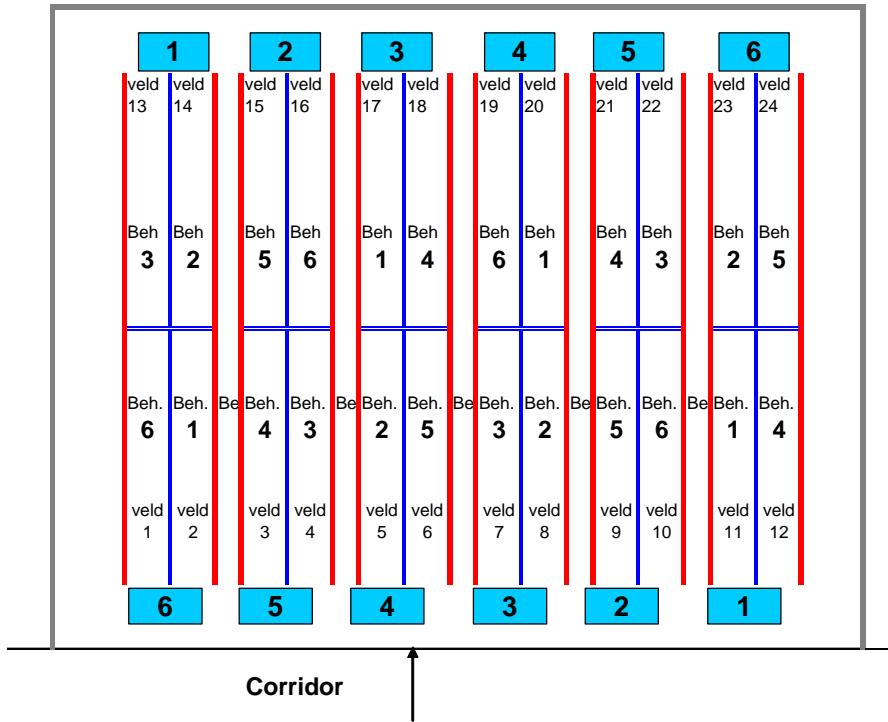
Baas, R, Van den Berg, 2004. Limiting nutrient emission from a cut rose closed system by high-flux irrigation and low nutrient concentrations. Acta Hort. 644, 39-46

Baltus, C.A.M., Volkers-Verboom, L.W., 2005. Onderzoek naar emissies van n en P vanuit de glastuinbouw. RIZA rapport 2005.007, 54 pp.

Kreij, C. de, Voogt, W., Van den Bos, A.L., Baas, R. 1999. Bemestingsadviesbasis substraten, PPO Naaldwijk/Aalsmeer, 145 pp.

Voogt, W. and Sonneveld, C. 2004. Interactions between nitrate and chloride in nutrient solutions for substrate grown tomato. Acta Hort. 644, 359-368.

Bijlage 1
 Proefplattegrond en overzichtsfoto kas.



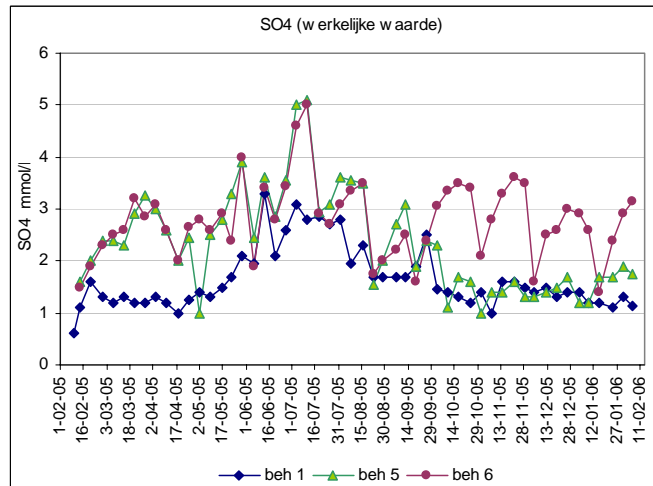
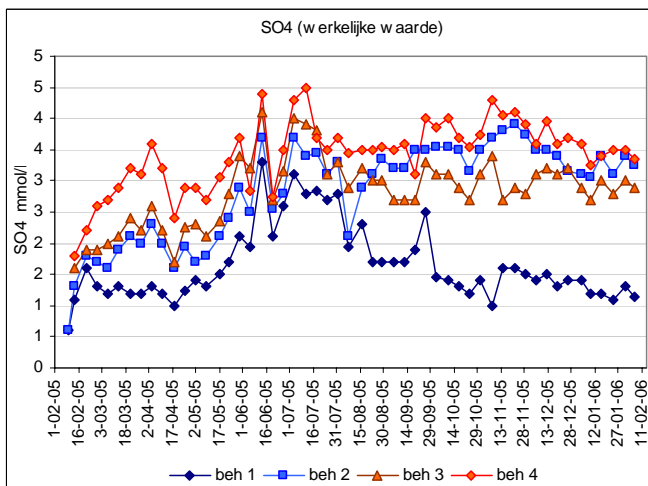
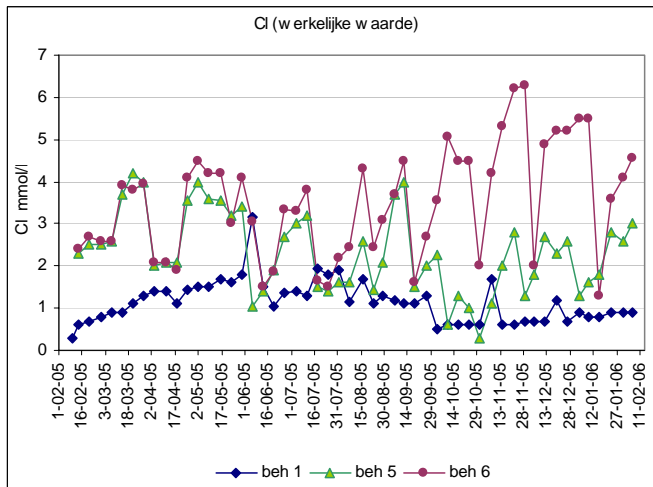
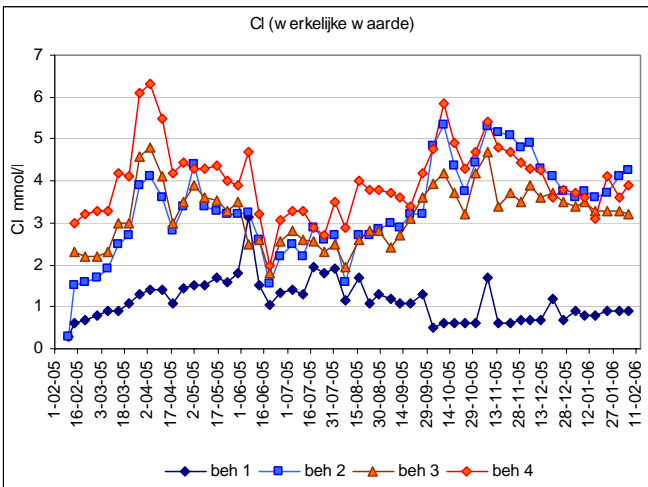
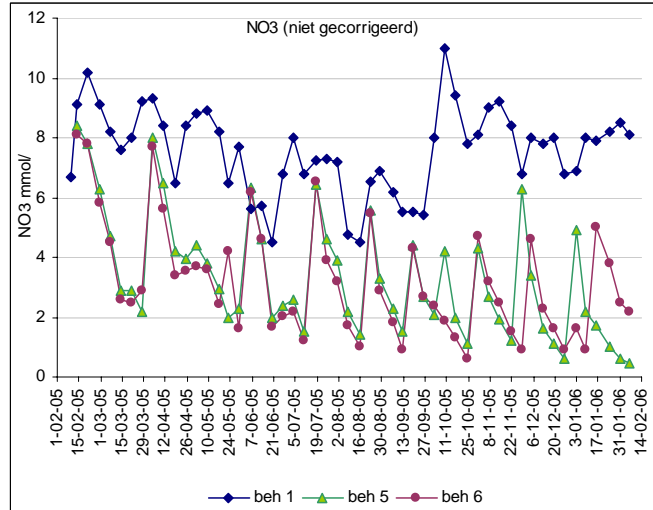
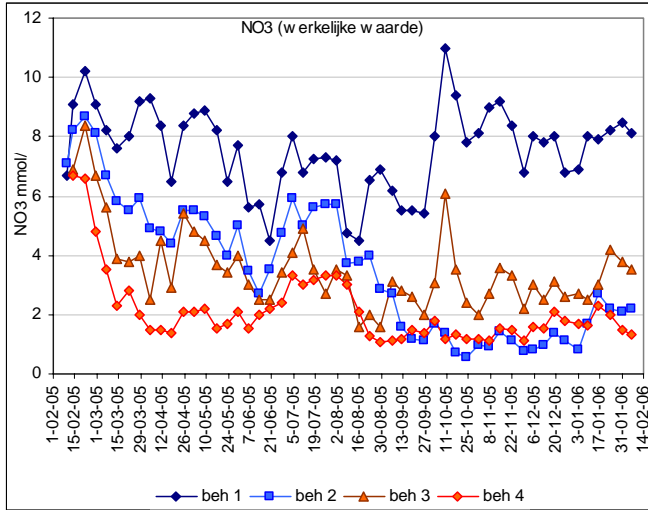
Bijlage 2.1

RECIRCULATIERECEPTEN INJECTIE-UNIT PBG AALSMEER				ROOS-STENWOL		
Voor substraten die zelf weinig voedingsstoffen afgeven of vastleggen (bv steenwol)						
				STREEFWAARDEN WORTELMILIEU		
				STREEFCIJF ER		GRENZEN
				Bij minimaal 40% drain **		
	STANDAARD VOEDINGSOPLOSSING	BASIS OPLOSSING				
EC	1.6	0.6	mS cm-1	EC (v)*	1.9	1.2 - 2.7
pH		5.2		pH	5.2	4.5 - 6.0
NO3 -	10.60	4.30	mmol l-1	NO3 -	12.5	8.3 - 16.6
SO4 -	1.25	0.50		SO4 -	3.0	2.0 - 4.0
P -	1.25	0.50		P -	0.9	0.6 - 1.2
NH4 +	1.60	1.20		NH4 +	0.1	0.1 - 0.5
K +	5.65	2.20		K +	5.0	3.3 - 6.7
Ca ++	2.05	0.70		Ca ++	5.0	3.3 - 6.7
Mg ++	1.50	0.50		Mg ++	3.00	2.0 - 4.0
Ionen -		5.80	me l-1	Cl	< 8.0	
Ionen +		5.80		Na	< 8.0	
Berekende EC		0.64	mS cm-1			
Fe	30	30	Umol l-1	Fe	40	30 - 50
B	17	16		B	20	15 - 25
Mn	6	1		Mn	4.0	2.2 - 5.5
Zn	3.0	0.0		Zn	4.5	2.8 - 6.3
Cu	1.0	1.0		Cu	2.5	1.5 - 5.0
Mo	1	0.7		Mo	1.0	0.8 - 1.3
Recept instelling						
		ml/m ³				
NITRAK		0.119				
ZWAKAL		0.126				
AMNITR		0.151				
CALSAL		0.150				
MAGNIT		0.089				
BFK		0.147				
BASKAL		0.078				
zuurbalans		0.000				
FeDTPA		0.750				
BORIUM		0.640				
MANGAAN		0.100				
ZINK		0.000				
KOPER I						
MOLYB I		0.666				

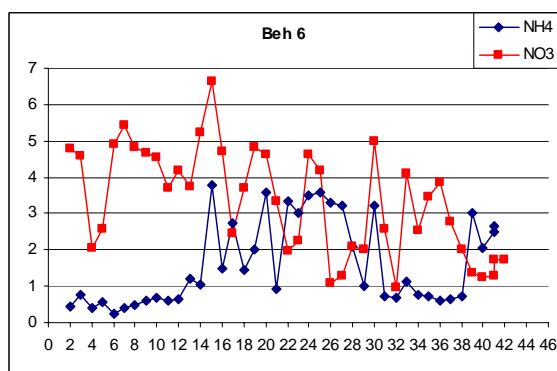
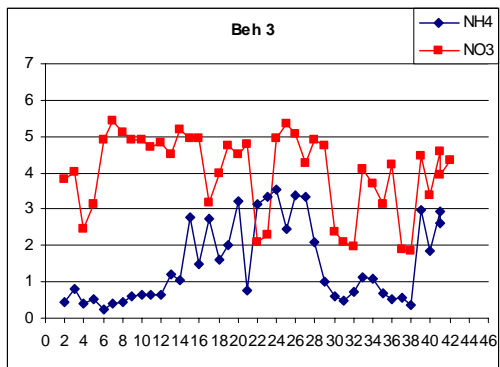
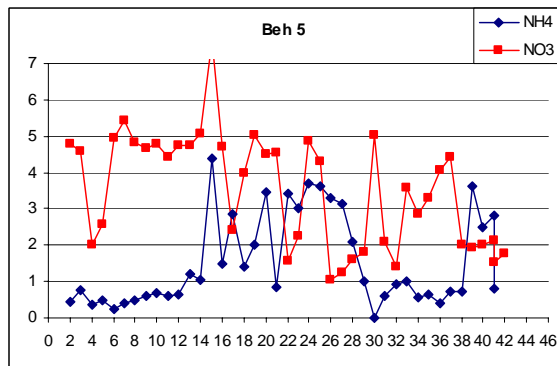
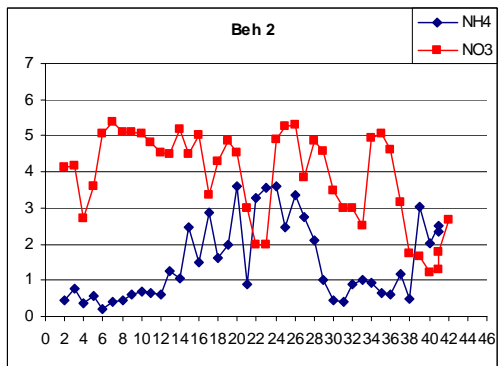
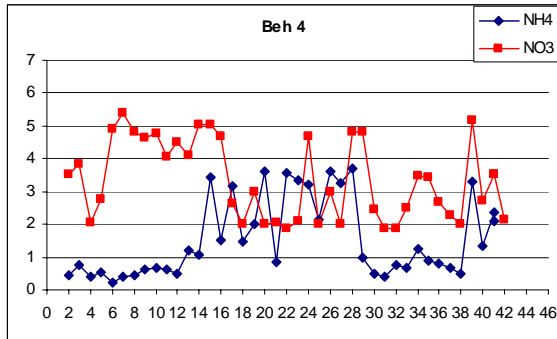
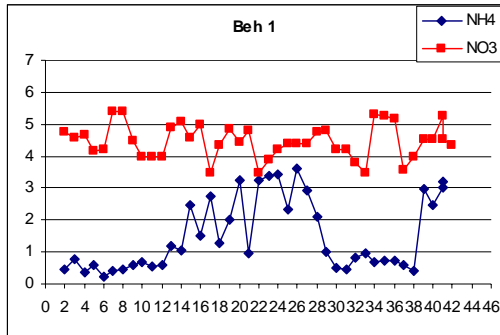
Bijlage 2.2

Meststoffen schema										
	molge w	s.g.		N (75 liter)		S (50 liter)		P (50 liter)		Cl (50 liter)
				A	B	A	B	A	B	
Ca(NO ₃) ₂	320	1.50	ml	3200		2133		2133		
KNO ₃	101.1		gram		3792					
Mg(NO ₃) ₂	400	1.35	ml		2889					
K ₂ SO ₄	174.3		gram				2179			
MgSO ₄	246.4		gram				1602		739	
KH ₂ PO ₄	136.1		gram						3403	
MgCl ₂ · 6H ₂ O	203		gram						708	1320
KCl	74.6		gram							1865
CaCl ₂	333	1.3	ml							2562
Samenstelling	onverdunde oplossing			(= 200 x geconcentreerd)						
	NH ₄	K	Ca	Mg	NO ₃	Cl	SO ₄	P	som	som
	mmol/ ml	mmol/ml	mmol/ ml	mmol/ml	mmol/ml	mmol/ml	mmol/ml	mmol	kat	an
N oplossing	0.00	0.50	0.20	0.13	1.16	0.00	0.00	0.00	58.0	58.0
S oplossing	0.00	0.50	0.20	0.13	0.40	0.00	0.38	0.00	58.0	58.0
P oplossing	0.00	0.50	0.20	0.13	0.40	0.14	0.06	0.50	58.0	58.0
Cl oplossing	0.00	0.50	0.20	0.13	0.00	1.16	0.00	0.00	58.0	58.0
Doseerschema basis										
	Behandelingen									
verhoudingen	1	2	3	4	5	6				
N	76%	70%	65%	60%	55%	50%				
S	16%	18%	20%	22%	25%	30%				
P	8%	10%	9%	12%	12%	12%				
Cl	0%	2%	6%	6%	8%	8%				
	100%	100%	100%	100%	100%	100%				
EC	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6				
NH ₄ ⁺	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8				
K ⁺	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2				
Ca ⁺⁺	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8				
Mg ⁺⁺	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6				
kationen	5.8	5.8	5.8	5.8	5.8	5.8				
NO ₃ ⁻	4.4	4.1	3.8	3.5	3.2	2.9				
SO ₄ ⁻⁻	0.5	0.5	0.6	0.6	0.7	0.9				
H ₂ PO ₄ ⁻	0.5	0.6	0.5	0.7	0.7	0.7				
Cl ⁻	0.0	0.1	0.3	0.3	0.5	0.5				
anionen	5.8	5.8	5.8	5.8	5.8	5.8				

Bijlage 3 Werkelijke NO₃, CL en SO₄ concentraties



Bijlage 4 Dosering van NO₃ en NH₄ in de behandelingen tijdens de proef, in mmol/l



Bijlage 5 Analyseresultaten gewas

				Geg even s														
datum	organ	leeftijd	be h	K	Ca	Mg	N	SO4	Cl	P	Fe	Mn	Zn	B	Cu	Mo		
18-3-2005	blad	jong	1				1628		28	120								
			2				1600		68	121								
			3				1662		77	115								
			4				1350		175	100								
			5				1465		106	106								
			6				1473		108	97								
18-5-2005	blad	jong	1				1538		28	116								
			2				1398		51	108								
			3				1502		74	109								
			4				1374		155	107								
			5				1506		73	111								
			6				1470		75	99								
1-7-2005	blad	jong	1	579	154	103	1394	47	29	90	1019	2314	462	7211	87	30		
			2	592	167	106	1317	49	40	95	1032	2453	465	7132	91	35		
			3	578	175	107	1198	50	51	90	949	2667	441	7320	90	35		
			4	552	190	104	1383	51	76	93	1113	2663	371	6713	88	49		
			5	573	165	99	1267	48	69	93	1030	2275	396	7152	86	39		
			6	538	162	97	1202	43	76	85	1043	2695	402	7386	87	40		
1-9-2005	blad	jong	1	483	237	142	1676	53	24	78	1029	2483	302	5757	53	38		
			2	446	261	149	1541	50	59	81	1039	2975	354	5966	57	51		
			3	466	267	140	1609	49	64	79	1008	3434	339	5821	56	63		
			4	428	274	137	1416	41	114	77	949	3933	393	5312	61	60		
			5	473	267	129	1677	45	81	81	968	3135	329	4958	57	63		
			6	481	278	134	1585	45	87	78	1010	3396	370	5868	58	69		
		OUD	1	477	396	131	1422	48	44	80	1020	4106	301	9158	48	36		
			2	462	440	139	1402	48	79	83	1141	5079	326	9999	58	47		
			3	509	444	142	1453	54	110	89	1106	5414	410	9990	63	50		
			4	459	456	147	1365	46	157	85	1037	5461	430	9384	57	48		
			5	493	443	122	1448	47	92	82	1090	4809	339	9918	52	51		
			6	474	458	121	1506	43	134	79	1133	5845	371	9999	50	62		
	TAK	tak	1	447	121	91	1138	37	18	82	739	1202	385	2761	65	22		
			2	407	134	93	1094	34	30	81	721	1433	405	2902	68	32		
			3	433	124	84	961	28	46	80	620	1500	375	2566	70	35		
			4	433	124	86	867	30	57	82	659	1577	389	2550	80	24		
			5	468	131	83	1125	35	38	86	701	1259	464	2773	68	29		
			6	460	139	89	1124	34	49	81	732	1611	430	3148	76	39		
21-11-2005	blad	jong	1	477	278	124	1862	63	24	83	1345	1878	338	5520	43	53		
			2	403	272	125	1180	44	114	75	1037	4573	594	5976	59	57		

Bijlage 5 vervolg

			3	433	300	136	1651	53	91	81	1107	2605	430	5662	48	67
			4	413	269	124	1335	41	144	75	1049	3909	540	5066	52	52
			5	431	308	129	1652	59	52	82	1142	3122	456	5694	48	77
			6	455	261	117	1812	59	82	83	1152	3135	393	5856	45	74
12-1-2006	blad	jong	1	529	279	126	1858	61	32	85	912	1112	248	5072	35	124
			2	408	197	92	968	31	88	63	644	3632	334	4234	38	86
			3	477	278	115	1477	46	104	73	838	1491	290	4481	41	98
			4	417	237	105	1015	35	103	65	738	2575	301	4076	45	101
			5	391	306	109	1243	40	89	65	698	3325	359	4531	40	122
			6	457	279	111	1227	39	113	68	737	2860	357	5032	43	111
		OUD	1	560	532	115	1589	62	54	84	1203	3530	363	9930	43	113
			2	461	470	138	1056	42	170	78	879	8580	575	8264	41	85
			3	561	503	121	1446	51	166	85	1067	4590	439	8785	39	117
			4	477	464	136	1174	42	209	75	945	6142	505	7074	41	90
			5	475	512	123	1279	52	135	82	1006	6275	489	9991	42	103
			6	511	487	127	1361	50	165	82	1001	5435	520	9859	42	116
	TAK	tak	1	495	171	92	1351	43	18	79	608	582	276	2932	40	72
			2	408	156	79	799	27	62	70	575	2511	387	2874	56	47
			3	472	166	84	1012	33	68	78	686	945	357	2589	54	55
			4	454	186	85	841	28	86	70	615	1520	339	2577	68	51
			5	421	215	84	1009	33	63	74	688	2207	425	3250	66	74
			6	432	181	88	967	31	80	71	676	1692	382	3627	61	55

Bijlage 6 Overzicht van dosering overige voedingselementen

Behandeling	Gemiddeld gedoseerde voeding mmol/l								H+	OH-	som kat	som an
	NH4	K	Ca	Mg	NO3	Cl	SO4	P				
1	2.71	4.27	1.68	1.02	9.62	0.13	0.78	1.07	0.17	0.07	12.53	12.44
2	2.64	4.13	1.62	0.97	7.96	0.77	1.06	1.05	0.15	0.06	12.10	11.97
3	2.67	4.28	1.70	1.02	8.89	0.65	0.89	1.06	0.16	0.07	12.53	12.44
4	2.61	3.98	1.55	0.93	7.73	0.86	0.91	1.02	0.09	0.06	11.62	11.50
5	2.73	3.66	1.27	0.85	6.56	0.75	1.29	0.80	0.14	0.06	10.78	10.74
6	2.56	4.10	1.47	0.96	6.48	1.40	1.47	0.76	0.14	0.06	11.67	11.64

Omgerekend naar St. voed. Opl.		1.6								
Behandeling	NH4	K	Ca	Mg	NO3	Cl	SO4	P	H+	OH-
1	3.46	5.45	2.14	1.30	12.28	0.16	1.00	1.36	0.21	0.08
2	3.49	5.46	2.15	1.28	10.52	1.02	1.41	1.39	0.20	0.08
3	3.40	5.46	2.17	1.30	11.35	0.83	1.14	1.35	0.20	0.08
4	3.59	5.47	2.13	1.28	10.65	1.18	1.26	1.40	0.12	0.08
5	4.05	5.44	1.89	1.26	9.73	1.11	1.91	1.19	0.21	0.08
6	3.50	5.61	2.02	1.32	8.88	1.92	2.01	1.04	0.20	0.08