



Efficiënt benutten van stikstof en fosfor en wel/niet recirculeren bij tomaat

C. de Kreij, A.M.M. van der Burg en A. van Winkel

Projectnummer 425006 en 425146

© 2002 Wageningen, Praktijkonderzoek Plant & Omgeving B.V.

Alle rechten voorbehouden. Niets uit deze uitgave mag worden vervoelvoudigd, 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. 544; € 30,-

Dit onderzoek is gefinancierd door Productschap Tuinbouw en Ministerie van Landbouw, Natuurbeheer en Visserij.

Praktijkonderzoek Plant & Omgeving B.V.

Sector Glastuinbouw

Postbus 8

2670 AA Naaldwijk

Tel 0174 636700

Fax 0174 636835

e-mail: infoglastuinbouw@ppo.dlo.nl

Internet: www.ppo.dlo.nl

Inhoudsopgave

pagina

1	INLEIDING	5
2	MATERIAAL EN METHODE	7
2.1	Behandelingen.....	7
2.2	Waarnemingen.....	7
2.3	Statistische opzet.....	9
2.4	Verloop van de proeven.....	9
3	RESULTATEN	11
3.1	Elementgehalten in de drain.....	11
3.2	Verbruik van N, P, Cl en S	11
3.3	Mineralenbalans.....	12
3.4	Productie en neusrot.....	14
3.5	Goudspikkels, magnesiumgebrek en overige aspecten	15
3.6	Metabolieten en koolstof	15
4	DISCUSSIE EN CONCLUSIES	17
5	SAMENVATTING.....	19
6	REFERENTIES.....	21
	FIGUREN (1 T/M 7) EN BIJLAGEN (1 T/M 8).....	23

1 Inleiding

In het kader van de Algemene Maatregel van Bestuur worden er door de overheid regels gesteld voor de maximale hoeveelheid stikstof en fosfor die door gewassen verbruikt mogen worden. Deze regels zijn vastgelegd in Handboek Milieumaatregelen Glastuinbouw (Anoniem, 2000) en later ook in Besluit Glastuinbouw (Anoniem, 2002). Voor tomaat geldt in 2010 een N-norm van 1588 kg/ha/jaar en een P-norm van 382 kg/ha/jaar. Bij deze verbruiken worden de benodigde 50 punten voor N en 50 punten voor P gehaald. Deze normen lijken vrij ruim, als het wordt vergeleken met eerder verzamelde gegevens (Kipp en Van den Bos, 2000). Echter, er was het vermoeden, dat onder praktijkomstandigheden de normen niet haalbaar zouden kunnen zijn. Verder bestond de wens om te weten wat de minimum hoeveelheid N en P is om tomaat te telen zonder productieverlies.

Het is mogelijk om dezelfde EC aan te houden en dan in de plaats van nitraat een verhoogd chloride en/of sulfaat-gehalte aan te houden. Ook kan het fosfor-streefgehalte in de steenwolmat lager worden gekozen, met de bedoeling, dat het gewas minder P gaat opnemen dan bij de standaard P-streefgehalten. Omdat bij lage P-gehalten in de voeding de kans op neusrot groter wordt. Om dat weer te verminderen, was er ook een behandeling met een hoog Ca-gehalte en laag K-gehalte. Door een lage K/Ca verhouding neemt namelijk de kans op neusrot af.

Om niet alléén inzicht in het verbruik te krijgen, maar ook in de opname door het gewas, werd ook de opname door de plant via gewasanalyses bepaald. Genoemde aspecten werden in twee proeven, onder praktijkvergelijkbare omstandigheden uitgetest.

Verder was er nog de vraag of er een verschil in productie is tussen een open en een gesloten systeem. Het vermoeden was, dat in een gesloten systeem een lagere productie ontstaat, dan in een open systeem. In twee eerdere proeven met tomaat was er geen verschil gevonden (De Krey, 1998 en De Kreij en Runia, 2001). Dit wil echter niet zeggen, dat er mogelijk onder bepaalde omstandigheden toch een achterstand zou kunnen optreden in een gesloten systeem ten opzichte van een open systeem. In de proef met P werd een open systeem vergeleken met een gesloten systeem.

In de normen in Besluit Glastuinbouw wordt uitgegaan van fosfor (P). In meststoffen en in MINAS-regelgeving van de overheid wordt uitgegaan van fosfaat (P_2O_5). Dit kan vrij snel tot verwarring leiden. In dit verslag wordt steeds gewerkt met fosfor (P).

2 Materiaal en methode

2.1 Behandelingen

In de N-proef werden de volgende behandelingen aangehouden. Behandeling 3 komt overeen met het huidige standaard bemestingsadvies voor tomaat.

Tabel 1. Behandelingen in de N-proef. Genoemde elementgehalten zijn de streefwaarden in de drain.

Behandeling	NO ₃	Cl	SO ₄
	mmol/l	mmol/l	mmol/l
1	5	<1	16
2	15	<1	11
3	25	<1	6
4	5	20	6
5	15	10	6
6	5	10	11

In de P-proef werden de behandelingen aangehouden volgens tabel 2. Bij alle behandelingen 1-6 werd gerecirculeerd. Behandeling 3 komt ongeveer overeen met het huidige standaard bemestingsadvies voor tomaat.

Tabel 2. De behandelingen in de P-proef. Genoemde elementgehalten zijn de streefwaarden in de drain.

Behandeling	P	K	Ca	K/Ca
	mmol/l	mmol/l	mmol/l	
1	0,5	9	9	1,0
2	0,5	5	12,5	0,4
3	1,0	9	9	1,0
4	1,0	5	12,5	0,4
5	2,0	9	9	1,0
6	2,0	5	12,5	0,4

Verder was er in dezelfde afdeling van de P-proef een behandeling (met twee circuits; verder ook behandeling 7 en 8 genoemd), waarbij de drain niet werd gerecirculeerd. Deze behandeling werd vergeleken met de behandelingen 1-6 van de P-proef (recirculerend). De drain werd hier 'gespuid' op het riool.

2.2 Waarnemingen

De waarnemingen bestonden uit:

- Dosering van N, P, Cl en SO₄ en waterverbruik. Dit werd als volgt gedaan. De directe injectie bemestingsunit vulde steeds 'op afroep' (bij een bepaalde lage stand) een bak (genoemd bovenbak) met voedingsoplossing, die in de kas stond en als toevoer diende voor het gesloten circuit met een bepaalde behandeling. Van iedere vulling werd bijgehouden wat de hoeveelheid water en de ingestelde ionen-samenstelling was. Zodoende kon per vulling worden uitgerekend wat de dosering aan voedingsstoffen was geweest. Ook werd regelmatig (17 en 30 januari, 14 en 26 februari, 14 en 29 maart, 18 en 27 april, 15 mei, 21 juni en 19 juli) een monster van een gevulde tank naar het

laboratorium gestuurd om te controleren of de werkelijk aanwezige voedingsoplossing in de tank overeen kwam met de op de unit ingestelde concentraties. Hieruit bleek, dat de op de unit ingestelde elementgehalten (kleine) afwijkingen vertoonden ten opzichte van de in het laboratorium (Blgg) gevonden gehalten. Zo waren de gehalten in het laboratorium voor NH_4 86 % ten opzichte van instelling van NH_4 op de unit. Voor NO_3 , Cl en SO_4 was dit respectievelijk 81, 95 en 98 % en voor ortho-P was het 81 %. Met deze afwijking is rekening gehouden. Om er zeker van te zijn dat de op het laboratorium gevonden waarden klopten met de werkelijk aanwezige hoeveelheden voedingsstoffen werd ook zeer nauwkeurig een voedingsoplossing 'met de hand' gemaakt, uitgaande van chemisch zuivere zouten. Ook dit monster werd regelmatig naar het laboratorium (Blgg) gestuurd voor analyse. Hieruit bleek, dat de elementgehalten die in het laboratorium werden bepaald precies overeen kwam met de hoeveelheden zouten, die waren toegevoegd. De analyseresultaten van het laboratorium konden dus zeer betrouwbaar worden gebruikt om de meststofdoseringen te berekenen. Ook werden de liters, die op de literteller van de bemestingsunit werden aangegeven per vulling en per tank, enige keren gecontroleerd. De door de unit gemeten hoeveelheden bleken overeen te komen met de 'eigen handmatige' metingen.

- b. Van iedere productiedatum werden het gewicht van alle geoogste vruchten (ongeacht kwaliteit) en aantal vruchten met neusrot bepaald. Verder werden elke twee weken het aantal vruchten van die productiedatum bepaald. Deze kenmerken werden per veld bepaald. Er werd gekozen om niet van iedere productiedatum de aantallen vruchten te bepalen. Dit vanwege het feit, dat er elke productiedatum 56 vakken met een groot aantal vruchten per vak geteld zouden moeten worden. Daarom werd gekozen om alléén de gewichten en de aantallen neusrotte vruchten van iedere datum te bepalen en dan iedere 14 dagen de aantallen van alle vruchten. Daarmee kon dan het vruchtgewicht worden berekend. Er werd aangenomen, dat in de 14 dagen rondom een meting van de vruchtgewichten er overeenkomende vruchtgewichten voorkwamen dan op de bewuste datum van de meting van het vruchtgewicht.
- c. Van één vak per behandeling werd na bladplukken al het blad gedroogd, gewogen en gemalen en geanalyseerd op N en P. Dit werd niet van iedere datum gedaan, dat er blad werd geplukt, maar van enkele data bij elkaar. Zo ontstonden monsters met blad verzameld in de volgende vier perioden: 1) 1 januari – 31 maart ; 2) 1 april – 31 mei ; 3) 1 juni – 10 augustus ; 4) 11 augustus – 2 november. Verder werd op 3 november bij het afsluiten van de proef de gehele plant, (stengel, blad en nog wat groene, kleine niet geoogste vruchten) bemonsterd. Zo ontstonden per behandeling 5 monsters blad/gehele plant. Aan het eind (3 november) werd niet een geheel veld bemonsterd, want daarmee zou het gewasmonster onoverkomelijk groot zijn geworden. Er werden per behandeling één plant met één kop en één plant met twee koppen verzameld. Daarna werd omgerekend naar 12 planten per vak en daarna naar een aantal planten per ha. Vruchten werden bemonsterd op 12 maart, 30 april, 1 juli, 20 september en 3 november. De N-totaal gehalten werden bepaald volgens de methode Dumas en de P-gehalten na destructie via micro-wave met salpeterzuur/waterstofperoxyde en meting van fosfaat volgens NEN-6426 via ICP-AES.. De analyses werden uitgevoerd op Blgg te Oosterbeek.
- d. Op 23 juli werd het voorkomen van goudspikkels gescoord. Op andere data werd 'vluchtig' gekeken of er goudspikkels voorkwamen.
- e. Visuele beoordeling van het gewas. Regelmatig werd nagegaan of er zichtbare verschillen waren in bijvoorbeeld magnesiumgebrek, bladrandjes, dikte van de kop, bladstand en dergelijke.
- f. Elementgehalten in de drain per behandeling en per twee weken. Analyses werden uitgevoerd door Blgg te Naaldwijk en de laatste data door Groen Agro Control. Er werd gekozen voor de bepaling van de elementgehalten in de drain en niet in de mat, uit arbeidstechnische overwegingen. Er waren iedere 14 dagen 14 monsters te nemen. Om dit steeds in de matten te doen, zou zeer veel tijd kosten. De drain van iedere tank werd centraal verzameld en kon makkelijk worden bemonsterd. Uit eerdere vergelijkingen tussen de gehalten in de mat en die in de drain was gebleken, dat bij een drainhoeveelheid hoger dan 25 % er geen of weinig verschil is tussen de concentraties in de mat en in de drain.
- g. In de P-proef werden in de mat van behandeling 3 en 4 (gesloten systeem) en van de behandelingen met drainage (open systeem; behandeling 7 en 8) Totaal Koolstof (TOC=Total Organic Carbon, ook wel genoemd DOC= Dissolved Organic Carbon) bepaald en metabolieten. De DOC bepaling werd uitgevoerd met een Skalar TOC analyser op Centraal Laboratorium van Wageningen-UR. De metabolieten werden

bepaald met HPLC volgens de 'huismethode' van Victoria Jung op de Universiteit – Department of Crop Science - in Alnarp, Zweden. Monsters werden verzameld uit de matten en direct daarna bacterie- en schimmelvrij gemaakt door ze te filtreren over een filter met diameter 0,2 µm. Monsters werden per snelkoerier naar Zweden verstuurd en aldaar binnen 48 uur na de monsternamen vanuit de mat in Naaldwijk, in behandeling genomen. Dit laatste om mogelijke afbraak van de metabolieten te voorkomen. Verder werden monsters geanalyseerd door TNO met GC-MS volgens de methode beschreven door Veld en Reimer (2001) en De Kreijl et al (in druk).

2.3 Statistische opzet.

De N-proef werd uitgevoerd in kas 306-5. Een plattegrond is gegeven in bijlage 1. Eén vak had een bruto oppervlakte van 5,3 m² en op een vak stonden 12 planten. De vakken waren zodanig gekozen, dat bij iedere behandeling een bepaalde draairichting voorkwam. Per behandeling waren er zodoende 4 (schijn) herhalingen. De gegevens werden verwerkt met ANOVA, waarbij de draairichting als blok werd aangehouden.

In de P-proef was de opzet vergelijkbaar met de N-proef. De P-proef werd uitgevoerd in kas 306-3 (bijlage 2). De behandelingen 1-6 komen overeen met respectievelijk tank 1, 2, 5, 6, 7 en 8. De twee tanks, die niet recirculeren waren tanks 3 en 4 (behandeling 7 en 8). Vakgrootte, plantdichtheid en dergelijke waren vergelijkbaar met de N-proef. Ook bij de P-proef kwamen bij één tank steeds de vier draairichtingen van de plant voor.

Gegevens werden verwerkt met ANOVA, vergelijkbaar met de N-proef. De behandeling met de drainage kwam in twee 'echte' herhalingen voor, dat was tank 3 en 4.

2.4 Verloop van de proeven

Zaaidatum was 15 november 2000 in steenwolblokken van Grodan drie sterren, en plantdatum 21 december 2000 op matten Grodan Expert van 15*7,5*120 cm (b*h*l). Per mat stonden er drie planten en de matten lagen in stalen goten, met afvoer van drainwater aan beide zijden van de mat, de zogenoemde kanallengoot. De plantdichtheid is 2,2 planten per m². De lengte van een vak/goot was 6,6 m, breedte 0,8 m en oppervlak 5,3 m², waarin 3 ingehoesde matten lagen. Op één vak stonden twaalf planten. De hoeveelheid steenwol was 10,4 liter per m². Er werd uitgegaan van 'Aromato' F1-hybride van Rijk Zwaan. De ingestelde kastemperatuur was in het begin 20/20 °C voor dag/nacht en deze werd later bijgesteld naar bijvoorbeeld 19/17,5 °C (dag/nacht) afhankelijk van de stand van het gewas. De CO₂ concentratie werd geregeld op 800 dpm. Enkele keren werden nieuwe hommenvolken ingezet voor de bestuiving. De eerste oogstdatum was 12 maart 2001 en de laatste oogstdatum was 5 november 2001. Op die laatste oogstdatum werden ook volgroeide groene vruchten geoogst. Deze groene vruchten zijn verder 'opgeteld' bij de standaard rood geoogste vruchten.

Ziekten en plagen (witte vlieg, mineervlieg, spint, rupsen, *Botrytis* en dergelijke) werden zo veel mogelijk biologisch bestreden. In beide kassen werd in januari gespoten met Nomod tegen rupsen. In februari werd nog in beide afdelingen gespoten met Nimrod. Tegen witte vlieg werden *Macrolophus caliginosus*, *Encarcia formosa* en *Eretmocerus eremicus* ingezet. In de P-proef bleek echter in juni de aantasting met witte vlieg zo groot, dat ook chemisch moest worden ingegrepen met Admiral en toen dit ook onvoldoende hielp met Aseptacarex op 25 juni, 2 en 9 juli 2001. Door deze zware aantasting met witte vlieg had het gewas in de P-proef een aanzienlijk schade opgelopen in vergelijking tot de N-proef. Dit bleek ook duidelijk uit een lager waterverbruik in juni en juli bij de P-proef ten opzichte van N-proef. Ook waren de vruchten in de P-proef 'plakkerig' en de productie in de P-proef was lager dan in de N-proef. De zware aantasting met witte vlieg heeft ook geleid tot een lagere productie in de P-proef ten opzichte van de N-proef.

Per 3 planten werd een extra kop aangehouden. Op vier tijdstippen werd het aantal koppen per vak geteld, waarbij ook werd nagegaan hoeveel koppen er al rondgedraaid waren langs de voor- of achterkant. Bij het draaien van de koppen langs onder andere de achterkant van afdeling 306-3 (P-proef) bleken er enkele koppen gebroken te zijn. Ook waren er drie planten doodgegaan door *Botrytis*. Met deze verschillen tussen de vakken is bij de verwerking geen rekening gehouden. Verder bleek een lint verkeerd te hangen, zodat één veld een plant extra kreeg en een ander veld een plant te weinig. Bij de statische verwerking van de productiegegevens is hiervoor een verrekening ingevoerd.

De watergift werd in december/ januari - toen de planten nog niet op de mat stonden - geregeld met een weegschaal en na het plaatsen van de planten op de mat op 19 januari met het watergeefmodel van De Graaf (1988). Dagelijks werd van iedere afdeling ook nog van één druppelaar de watergift en van drie planten en de drain gemeten, zodat ook een indruk werd verkregen hoe het watergeefmodel had uitgewerkt. Er werd gestreefd naar circa 40 % drain ten opzichte van de gift. In de P-proef liep in februari/maart de EC hoger op (EC 6 mS/cm; streefwaarde EC= 3,7 mS/cm) dan in de N-proef. Het bleek, dat daardoor in de P-proef de vruchten kleiner werden dan in de N-proef en in de P-proef werd het waterverbruik lager dan in de N-proef.

Regelmatig werd gecontroleerd of er mogelijke lekkages in het watergeefstelsel- en/of drainafvoersysteem voorkwamen. Indien er lekkages waren, werden de 'lekken' gedicht. Er is uitgegaan van het standaard-schema recirculatie voor tomaat. Dat is EC= 1,5 mS/cm (in druppelwater EC 2,8 – 3,0 mS/cm); in mmol/l : $\text{NH}_4 = 1,0$; $\text{K} = 6,5$; $\text{Ca} = 2,75$; $\text{Mg} = 1,0$; $\text{NO}_3 = 10,75$; $\text{SO}_4 = 1,5$; $\text{P} = 1,25$; en in $\mu\text{mol/l}$: $\text{Fe} = 15$; $\text{Mn} = 10$; $\text{Zn} = 4$; $\text{B} = 20$; $\text{Cu} = 0,75$; $\text{Mo} = 0,5$. Afhankelijk van de analyseresultaten van de drain en van de behandelingen en het fysiologische stadium van de plant werden de concentraties aangepast. De streefwaarden waren volgens De Kreij et al. (1997). In de behandelingen met drainage-systeem werd het schema voor drainage aangehouden met dezelfde streefcijfers in de drain als voor het gesloten systeem. Drainwater werd niet ontsmet.

3 Resultaten

3.1 Elementgehalten in de drain

Element gehalten in de drain (gemiddeld voor de gehele proef) worden per behandeling gegeven in bijlagen 3 en 4 voor respectievelijk de N- en de P-proef. Dit zijn gemiddelden van 20 monsterdata. De elementgehalten zijn niet gecorrigeerd voor de EC; het zijn de werkelijk gemeten gehalten. In de P-proef zijn behandelingen 7 en 8 de behandelingen met de niet-recirculerende circuits. In de figuren 1 - 5 worden de nitraat-, chloride- en sulfaatgehalten gegeven van de N-proef. In de figuren 6 en 7 worden respectievelijk de K/Ca verhoudingen en de P-gehalten gegeven in de P-proef.

3.2 Verbruik van N, P, Cl en S

Het verbruik betreft de periode vanaf planten op 21 december 2002 tot en met het eind van de proef op 3 november 2001. Bij het N-verbruik is het de som van nitraat-, ammonium- en salpeterzuur verbruik (pH correctie). Aan het eind van de teelt waren de steenwolmatten nog verzadigd met voedingsoplossing. Hierin waren ook nog voedingsstoffen aanwezig. Deze zijn in het verbruik meegeteld.

In tabel 3 wordt het verbruik gegeven van N, P, Cl en S berekend uit de meststoffendosering. Het hoogste N-verbruik (1001 kg/ha) is bij behandeling 3; dit is de behandeling met het hoogste NO_3 -gehalte als streefwaarde. Het laagste N-verbruik (815 kg/ha) is bij de behandeling 4; dat is de behandeling met het laagste NO_3 -streefwaarde en het hoogste Cl-streefwaarde. Bij behandeling 4 is het N-verbruik 19 % lager geworden dan bij behandeling 3. De invloed van zeer hoog Cl (behandeling 4) op het N-verbruik is sterker dan gemiddeld Cl en verhoogd SO_4 (behandeling 6).

Tabel 3. Watergift en verbruik van N, P, S en Cl in de N-proef

Behandeling	watergift l/m ²	N kg/ha	P kg/ha	S kg/ha	Cl kg/ha
1	746	879	279	389	0
2	801	981	317	369	0
3	766	1001	338	322	0
4	750	815	312	303	491
5	738	897	348	285	294
6	818	954	403	365	366

In tabel 4 wordt het verbruik van N en P gegeven in de P-proef. Bij de drie P-niveaus gemiddeld is het P-verbruik 257 (behandeling 1 en 2), 260 (behandeling 3 en 4) en 303 kg/ha (behandeling 5 en 6). Een laag P-niveau (behandeling 1 en 2) gaf dus geen verlaging van het P-verbruik ten opzichte van standaard P-niveau (behandeling 3 en 4). Een hoog P-niveau (behandeling 5 en 6) gaf een 16 % hoger P-verbruik dan standaard. Het waterverbruik gemiddeld voor de gehele proef was 770 l/m².

Behandeling 7 en 8 betreft de niet-recirculerende circuits. Bij behandeling 7 en 8 is gemiddeld het N-verbruik 2119 kg/ha. Bij de behandelingen 1 – 6 is het N-verbruik 1015 kg/ha. Bij behandeling 7 en 8 is gemiddeld het P-verbruik 433 kg/ha en bij de behandelingen 1 - 6 is het gemiddeld 273 kg/ha. In de behandelingen 1 – 6 was het waterverbruik 763 en in de behandelingen 7 – 8 was het 1285 l/m². Hier uit is te berekenen, dat de drainhoeveelheid gemiddeld voor de gehele proef 522 l/m², dat is 40,6 % is geweest.

Tabel 4. Verbruik N en P en watergift in de P-proef

Behandeling	watergift l/m ²	N kg/ha	P kg/ha
1	713	958	232
2	840	1092	281
3	707	930	253
4	753	975	267
5	787	1059	308
6	777	1077	297
7	1357	2239	457
8	1213	1999	409

3.3 Mineralenbalans

In bijlagen 5 en 6 worden de N- en P-gehalten gegeven in de plantedelen. Periode 5 is steeds van de einddatum, dat is dus een gehele plant.

In bijlage 7 worden de drogestof producties en de N- en P-opname door het gewas gegeven.

In tabel 5 wordt de samenvatting van de mineralenbalans gegeven. Bij de 'toevoer mest' genoemd in tabel 5 is een correctie uitgevoerd voor de hoeveelheden die aan het eind van de teelt nog in de steenwolmatten aanwezig waren. De in deze tabel genoemde 'toevoer mest' is dus de 'totale aanvoer' minus 'eindhoeveelheid in de matten'. Zowel bij de N-proef als de P-proef is de N-opname door het gewas groter dan de toevoer. Voor P is het precies andersom.

Uit de gewasopname en/of de dosering van een element aan het systeem en de watergift is de gemiddelde elementopname te berekenen per liter gegeven water. Dit is weergegeven in tabel 6.

Tabel 5. Samenvatting mineralen balans; nb= niet bepaald

N proef								
	beh						gem.	
	1	2	3	4	5	6		
Stikstof (N), kg/ha								
toevoer mest (Input = I)	854	957	959	806	871	936	897	
afvoer via gewas (uptake = Up)	954	1057	1018	973	991	981	995	
(I - Up)	-99	-100	-59	-167	-120	-45		
Achtergebleven in de mat bij einde teelt	25	24	42	9	26	18		
Fosfor (P), kg/ha								
toevoer mest (Input = I)	274	313	336	305	343	402	329	
afvoer via gewas (Uptake = Up)	254	294	281	257	263	232	263	
(I - Up)	20	19	55	48	80	170		
P proef								
	beh							
	1	2	3	4	5	6	7	8
Stikstof (N) kg/ha								
toevoer mest (Input = I)	919	1041	880	913	1014	1040	2199	1965
afvoer via gewas (uptake-plant = Up)	1076	1051	972	932	948	979	1011	nb
(I - Up)	-157	-10	-92	-19	67	61	*)	
Fosfor (P), kg/ha								
toevoer mest (Input = I)	227	277	243	255	303	289	449	403
afvoer via gewas (uptake - plant = Up)	221	261	231	210	245	245	311	nb
(I - Up)	6	16	12	45	58	44	*)	
Achtergebleven in de mat bij einde teelt	5	4	10	12	5	8	8	6

*) niet berekend, omdat de 'spui' naar het riool niet bekend is.

Tabel 6. Opname concentratie van stikstof, chloride en sulfaat in de N proef en van fosfor in de P proef. Berekeningswijze op basis van gewasanalyse of op basis van de dosering van meststoffen

N proef							
Element	Berek. wijze	beh.					
		1	2	3	4	5	6
N, mmol/l	gewasanalyse	9.1	9.4	9.5	9.3	9.6	8.6
Cl, mmol/l	dosering	0.0	0.0	0.0	1.8	1.0	1.1
SO ₄ , mmol/l	dosering	1.6	1.4	1.2	1.2	1.1	1.4
P proef							
P, mmol/l	gewasanalyse	beh.					
		1	2	3	4	5	6
		1.00	1.00	1.05	0.90	1.00	1.02

3.4 Productie en neusrot

In tabellen 7 en 8 worden de totale productie, het gemiddeld vruchtgewicht en het percentage neusrot (op basis van aantallen gegeven).

Tabel 7. Totale productie, het gemiddeld vruchtgewicht van goede vruchten en het percentage neusrot (op basis van aantallen) in de N-proef. Ns= niet significant.

Behandeling	Totaal productie	Gemiddeld vruchtgewicht	Neusrot
	kg/m ²	g/vrucht	%
1	53.3	93.3	1.7
2	54.3	92.5	0.8
3	54.6	94.2	1.2
4	54.5	96.2	0.6
5	55.3	97.6	0.6
6	54.8	99.2	0.3
Betr. P	ns	0,004	<0,001
LSD (p=0,05)	-	3,3	0,4

Er was geen betrouwbaar verschil in de productie. Het gemiddeld vruchtgewicht werd betrouwbaar ($p=0,002$) beïnvloed door een interactie tussen nitraat en chloride. Zo gaf een laag nitraatgehalte een hoger vruchtgewicht dan een midden en hoog nitraatgehalte. Dit hoge vruchtgewicht kwam voor bij de combinatie laag nitraat, midden chloride en midden sulfaat (behandeling 6). Het percentage neusrot werd zeer betrouwbaar ($p = 0.025$) beïnvloed door nitraat; bij laag, midden en hoog nitraat was het percentage neusrot respectievelijk 0,8 ; 0,7 en 1,2 % (LSD=0,3). De interactie met chloride en nitraat was zeer betrouwbaar ($p<0,001$): laag nitraat gaf minder neusrot dan hoog nitraat, echter de combinatie laag nitraat met hoog sulfaat (behandeling 1) gaf juist meer neusrot. De hoeveelheid neusrot was echter bij alle behandelingen laag.

Tabel 8. Totale productie, het gemiddeld vruchtgewicht van goede vruchten en het percentage neusrot (op basis van aantallen) in de P-proef. Behandelingen 7 en 8 zijn niet-recirculerende circuits.

Behandeling	Totaal productie	Gemiddeld vruchtgewicht	Neusrot
	kg/m ²	g/vrucht	%
1	49.4	86.5	2.8
2	53.6	91.0	0.8
3	49.1	87.0	1.0
4	51.6	89.0	1.2
5	53.6	89.5	1.4
6	50.4	91.5	0.6
7	53.0	91.8	2.1
8	52.4	91.3	2.3

De statistische verwerking werd apart gedaan voor de behandelingen 1 – 6. De productie werd niet significant beïnvloed door P en K/Ca verhouding; wel was er een zeer betrouwbare interactie tussen P en K/Ca. Bij de lage K/Ca verhoudingen (behandelingen 2, 4 en 6) was de hoogste productie bij laag P, en bij de hoge K/Ca verhouding (behandelingen 1, 3 en 5) was de hoogste productie bij hoog P. Het gemiddeld vruchtgewicht werd niet significant beïnvloed door de behandelingen. De hoeveelheid neusrot werd zeer significant ($p<0,001$) beïnvloed door P, K/Ca en door de interactie (tabel 9).

Tabel 9. Hoeveelheid neusrot bij de behandelingen 1 – 6. Tussen haakjes worden de behandelingsnummers gegeven.

	Hoeveelheid neusrot, % van aantal vruchten		
	Hoog K/Ca (1,3,5)	Laag K/Ca (2,4,6)	Gemiddeld
P-niv. Laag (1,2)	2,8	0,8	1,8
P-niv. Midden (3,4)	1,0	1,2	1,1
P-niv. Hoog (5,6)	1,4	0,6	1,0
Gemiddeld	1,7	0,9	

De statische vergelijking van de behandelingen 3, 4, 7 en 8 werd uitgevoerd om na te gaan wat de effecten zijn van wel/niet recirculeren. Productie en vruchtgewichten werd niet significant beïnvloed door wel/niet recirculeren. Er was een betrouwbaar ($p=0,004$) effect van wel/niet recirculeren op de hoeveelheid neusrot; bij recirculeren was het 1,1 % en bij niet recirculeren was het 2,1 %.

3.5 Goudspikkels, magnesiumgebrek en overige aspecten

In de N-proef kwamen op 16 juli veel vruchten voor met goudspikkels. Op 23 juli is het gescoord in de volgende categorieën 0 = geen; 1 = matig; 2 = veel; 3 = zeer veel. Met behulp van de fractie vruchten in een bepaalde categorie en de hiervoor genoemde nummers kon een score worden berekend. De score voor de behandelingen 1 – 6 is respectievelijk 0,87; 0,96; 0,93; 1,15; 1,10 en 1,72. Er was een betrouwbaar effect ($P=0,002$) van nitraat/chloride op de hoeveelheid goudspikkels. Bij behandeling 6 (laag nitraat/ gemiddeld chloride en gemiddeld sulfaat) was de hoeveelheid goudspikkels het hoogst. In de proef met P kwamen vrijwel geen vruchten met goudspikkels voor. Het is verder niet gescoord.

In de proef met P kwam begin april in sommige vakken magnesiumgebrek voor. Op 4 april is het gescoord op een schaal van 0=geen tot 5=zeer ernstig gebrek. De gemiddelde score voor de behandelingen 1 – 8 was 0,25; 0,75; 1,00; 1,25; 0,25; 4,00; 0,00 en 1,25. Magnesiumgebrek werd beïnvloed door K/Ca en P. Bij laag K/Ca (dus hoog Ca) was er meer magnesiumgebrek dan bij hoog K/Ca. Bij hoog P was er meer magnesiumgebrek dan bij laag P. In de N-proef kwam magnesiumgebrek niet voor.

Er waren geen visuele verschillen in bladstand, bladrandjes en dergelijke. Wel was er de indruk, dat in de N-proef bij laag nitraat er in het voorjaar lichtere koppen voorkwamen dan in de behandelingen met hoog nitraat. Dit is niet gescoord.

3.6 Metabolieten en koolstof

In twee circuits met recirculatie (behandeling 3 en 4) was het DOC-gehalte in de mat bemonsterd dd 22 oktober respectievelijk 20,0 en 17,3 mg/l (respectievelijk 1,42 en 1,24 mmol/l) en in de behandelingen met drainage (behandelingen 7 en 8) was het 5,0 en 4,6 mg/l (respectievelijk 0,36 en 0,33 mmol/l). In monsters uit de mat was het op 5 november in het gesloten systeem (behandeling 3 en 4) 21,6 en 22,3 mg/l en in het open systeem (behandelingen 7 en 8) 8,8 en 11,2 mg/l. De volledige analyse van de monsters dd. 5 november worden gegeven in bijlage 8.

In tabel 10 worden de concentraties aan metabolieten gegeven voor zover ze een hogere concentratie hadden dan de detectielimiet. Overige metabolieten hadden een concentratie lager dan 5 nM. Dat waren: chlorogenic acid, ferulic acid, salicylic acid, vanillic acid, pyoluteorin, phenazine-1-carboxylic acid.

Tabel 10. Metabolieten. Behandelingen 3 en 4: gesloten systeem en behandelingen 7 en 8: open systeem. Waarden voor twee extracties.

	Concentraties, nM			
	Beh 3	Beh 4	Beh 7	Beh 8
Benzoic acid	133/154	161/144	103/90	120/126
p-hydroxy benzoic acid	73/70	<5/67	<5/<5	70/66
2,4-diacetyl phloroglucinol	<5/<5	<5/<5	<5/37	<5/<5

De door TNO geanalyseerde metabolieten werden uitgevoerd in de in mat genomen monsters dd 22 oktober 2001. In behandelingen 7 en 8 (het gesloten systeem) werden concentraties gevonden van benzoic acid van respectievelijk 0,39 en 0,33 $\mu\text{mol/l}$. In het open systeem was de concentratie lager dan 0,1 $\mu\text{mol/l}$. Verder werd in het gesloten systeem 2,4- dichlorobenzoic acid gevonden in een concentratie van 0,17 en 0,16 $\mu\text{mol/l}$. In het open systeem was de concentratie lager dan 0,1 $\mu\text{mol/l}$. Overige metabolieten hadden zowel in het gesloten als het open systeem een concentratie lager dan de detectielimiet van 0,1 $\mu\text{mol/l}$. Het ging om de volgende metabolieten: p-hydroxybenzoic acid, vanillic acid, protocatechuic acid, p-coumaric acid, gallic acid, ferulic acid, chlorogenic acid. In de monsters uit het gesloten systeem konden in het chromatogram pieken worden gevonden, die overeen kwamen met pieken van carbonzuren. Deze pieken kwamen in het open systeem niet voor.

4 Discussie en conclusies

Er werd onder semi-praktijkomstandigheden een tomatenteelt gedaan met verschillende N- en P-niveaus.

Bij de standaard behandeling in de N-proef (behandeling 3) was het N-verbruik 1001 kg/ha/jaar. Het laagste N-verbruik in de N-proef was 815 kg/ha/jaar. Dit is te bereiken door een zeer laag nitraatgehalte (in de drain gemiddeld 6,2 mmol/l) en een hoog chloride-gehalte (in de drain gemiddeld 15,4 mmol/l) aan te houden. De productie heeft hieronder niet geleden. Wel kwamen bij deze behandeling meer vruchten voor met goudspikkels dan bij de standaard. Het valt echter toch nog wel tegen om het N-verbruik sterk te verlagen ten opzichte van 'standaard'. Dit hangt samen met het gekozen uitgangspunt, dat de plant geen N te kort mocht komen. Er werd een laag N-gehalte in het wortelmilieu aangehouden, maar er werd wel voor gezorgd, dat in het 'verse' uitgangswater voldoende N aanwezig was. De N-opname werd er dus niet veel mee verlaagd. Uit de gewasopname en het waterverbruik kon worden berekend, dat de N-opname concentratie 8,6 – 9,6 mmol/l is geweest, afhankelijk van de behandelingen. Het N-verbruik onder standaard nitraat-, chloride- en sulfaatniveaus bedroeg circa 1000 kg/ha/jaar. De productie onder deze omstandigheden was 54,6 kg/ha. Kipp en Van den Bos (2000) hebben de regressielijn bepaald tussen productie en opbrengst. Deze is: $y = 19,6 x + 39,0$, waarbij:

y= N-verbruik in kg/ha/jaar

x= productie in kg/ha/jaar.

Uitgaande van de genoemde productie zou dit een N-verbruik zijn van 1109 kg/ha/jaar. Het N-verbruik in de proef was dus lager dan in eerdere metingen werd gevonden. Het is niet duidelijk waar dit aan ligt. Wel blijkt uit de gewasanalyse, dat de N-opname circa 1018 kg/ha/jaar is geweest. Rondom de genoemde regressielijn is uiteraard sprake van enige spreiding. Er werd aan de N-norm in Besluit Glastuinbouw (1588 kg/ha/jaar) voldaan.

Hand and Russell (1995) komen bij een N-dosering aan een open systeem van 4,3 mmol/l tot een lagere N-opname door het gewas dan bij een dosering van 8,6 en/of 12,9 mmol/l, maar ook tot een lagere productie (zie onderstaand staatje). De N-dosering 4,3 mmol/l was lager dan de opname-concentratie. De productie bij de dosering van 8,6 was wel 2,5 % minder dan bij 12,9 mmol/l, maar dit was niet significant.

NO ₃ -aanvoer	Productie	N-opname
mmol/l	kg/m ²	kg/ha
4,3	46,6	661
8,6	55,4	814
12,9	56,8	856

Het P-verbruik in de P-proef kon met lage P-streefwaarden niet worden verlaagd ten opzichte van het 'standaard'. Het P-verbruik was circa 270 kg/ha/jaar. De productie onder laag en 'standaard' P-niveau was circa 51 kg/ha. Volgens de regressielijn van Kipp en Van den Bos (2000) zou bij deze productie een P-verbruik horen van 287 kg/ha/jaar. In de N-proef was het P-verbruik gemiddeld circa 330 kg/ha bij een productie van circa 54,5 kg/m². Volgens de eerdergenoemde regressielijn is voor een productie van 54,5 kg/m² een hoeveelheid P nodig van 306 kg/m². Het in de proeven gevonden P-verbruik komt dus goed overeen met eerder gevonden waarden. Er werd aan de P-norm in Besluit Glastuinbouw (382 kg/ha/jaar) voldaan.

Een hoog P-niveau gaf meer Mg-gebrek dan een standaard of laag niveau. Dit komt overeen met eerdere waarnemingen van Voogt en Sonneveld-Van Buchem (1989). Bij hoge K/Ca verhouding kwam minder Mg-gebrek voor dan bij lage K/Ca verhouding. Kennelijk heeft Ca een sterker antagonistisch effect op de Mg-opname dan K.

De invloed van P en K/Ca op neusrot komt overeen met de verwachtingen: bij laag P meer neusrot dan bij hoog P en bij laag K/Ca verhouding minder neusrot dan bij hoog K/Ca verhouding. Een P-concentratie in de drain van 2,3 mmol/l bij een K/Ca verhouding van 0,45 gaf meer Mg-gebrek dan bij lage P-concentraties.

Een Cl-gehalte in de drain tot 15 mmol/l als vervanging van NO₃ heeft in de proef niet geleid tot een lagere productie. Wel kwamen er bij hoog Cl (10 – 15 mmol/l) meer goudspikkels voor dan bij laag Cl. Dit was zoals verwacht. Ook Hand and Fussell (1993) en Voogt en Sonneveld (in press) vonden bij vervangen van NO₃ door Cl meer goudspikkels dan zonder Cl. Vruchten van de behandelingen met hoog Cl waren ook zachter dan vruchten van de behandelingen met laag Cl en daarom veronderstelden ze, deze vruchten (met goudspikkels) een kortere houdbaarheid zouden hebben. Dit is een ongunstig effect van Cl. De negatieve invloed van Cl op de zachtheid van de vruchten bleef beperkt en was meestal niet betrouwbaar verschillend van de behandelingen met laag Cl. De iets lagere vruchtstevigheid hoeft voor rassen met stevige vruchten geen probleem te vormen.

De behandelingen met drainage-systeem hadden een grotere hoeveelheid neusrot dan in het gesloten systeem. Dit is vaker gevonden en hangt mogelijk samen met de grotere hoeveelheid ammonium, die in het open systeem wordt aangevoerd, dan in het gesloten systeem.

De concentratie aan de metabolieten was steeds laag. Wel was er bij recirculatie 2- 4 keer zo veel organisch koolstof in het wortelmilieu dan in een open systeem.

5 Samenvatting

Er werden twee proeven met tomaat ('Aromata') gedaan met het doel na te gaan met welke minimum hoeveelheid stikstof (N) en fosfor (P) er nog een goede productie gehaald kon worden. Deze informatie is nodig in verband met regelgeving in Besluit Glastuinbouw. Verder werd in de proef met P nagegaan of er verschil in productie is tussen een open en een gesloten systeem en wat de concentraties zijn van organisch koolstof en metaboliëten (= afscheidingsproducten van wortels en micro-organismen).

In de proef met N werden gemiddeld in de drain nitraatgehalten gerealiseerd van 6 - 7 (laag); 11 - 19 (midden) en 23 mmol/l (hoog). Bij de lage en de midden nitraat-niveaus werden hoge sulfaat- (9 en 13 mmol/l) en/of chloride-niveaus (10 en 15 mmol/l) aangehouden. Wel werd bij alle behandelingen gezorgd, dat er steeds voldoende 'vers' nitraat werd aangevoerd. Hiervoor werd gekozen, omdat daarmee waarschijnlijk de productie ook bij lage nitraat-niveaus niet minder zou zijn dan bij hoge nitraatniveaus. Dit laatste bleek inderdaad het geval. Bij het hoge Cl-niveau (15 mmol/l) werd het laagste N-verbruik gevonden van 815 kg/ha/jaar bij een productie van 54,5 kg/m². Bij de standaard (nitraat = 23 mmol/l) was het N-verbruik 1001 kg/ha/jaar bij een productie van 54,6 kg/m². Het is dus mogelijk om met verhoogd Cl een (iets) lager N-verbruik te krijgen. Overigens bleek uit de gewasanalyse en daarmee berekende N-opname, dat het verschil veel kleiner was, namelijk een N-opname van 973 en 1018 kg/ha/jaar bij respectievelijk hoog Cl en standaard (geen Cl).

Er was een betrouwbare invloed van chloride op neusrot. Bij de drie behandelingen waar Cl was toegevoegd was de hoeveelheid neusrot 0,3 – 0,6 % en bij de behandelingen zonder chloride 0,8 – 1,7 %. Het tegenovergestelde van neusrot, dat is goudspikkels, bleek ook betrouwbaar door chloride te worden beïnvloed: bij toevoeging van Cl was de score 1,10 – 1,72 en zonder chloride 0,87 – 0,96 (op een schaal van 0 – 3). Uit ander onderzoek is gebleken, dat bij dosering van Cl vruchten zachter werden en daardoor zou mogelijk een lagere houdbaarheid ontstaan dan zonder Cl. Dat en ook de grotere hoeveelheid goudspikkels, zijn nadelen van Cl. Bij sommige rassen met stevige vruchten en weinig problemen met goudspikkels, is Cl-dosering een voordeel van een iets lager N-verbruik.

In de proef met fosfor waren de P-niveaus in de drain gemiddeld 0,7 – 0,9 (laag), 1,1 (midden) en 2,0 – 2,3 mmol/l (hoog). Deze niveaus werden gecombineerd met normale K/Ca verhouding van 0,8 – 1,0 en een lage K/Ca verhouding van 0,4 – 0,5. Er werd steeds 'vers' P aangevoerd om de productie gelijk te krijgen in alle behandelingen. Dat bleek ook inderdaad te lukken. Het P-verbruik was 257, 260 en 302 kg/ha/jaar en de producties 51,5 ; 50,4 en 52,0 kg/m² bij respectievelijk laag, midden en hoog P. Bij hoog P werd er dus iets meer P verbruikt dan bij laag en midden P. Lage P-verbruiken konden niet worden gerealiseerd door lage P-gehalten in de drain aan te houden. Overigens was in de N-proef het P-verbruik hoger dan in de P-proef; in de N-proef was het P-verbruik gemiddeld 333 kg/ha/jaar bij een (hogere) productie van gemiddeld 54,5 kg/m². Er is duidelijk een verschil door het verschil in productie-niveau.

Bij recirculatie werd aan de N-verbruiksnorm voor 2010 uit Besluit Glastuinbouw van 1588 kg/ha/jaar en de P-norm van 382 kg/ha/jaar voldaan. In de behandelingen met 40 % spui werden de normen ver overschreden; het N-verbruik was 2119 en P-verbruik 433 kg/ha/jaar.

Een laag P-niveau in combinatie met een normale K/Ca verhouding gaf een grotere hoeveelheid neusrot dan de andere behandelingen. Laag P moet worden voorkomen. Een hoog P-niveau in combinatie met een lage K/Ca verhouding gaf meer magnesiumgebrek dan andere behandelingen. Zodoende is een hoog P-niveau in combinatie met 'laag K/hog Ca' niet aan te bevelen.

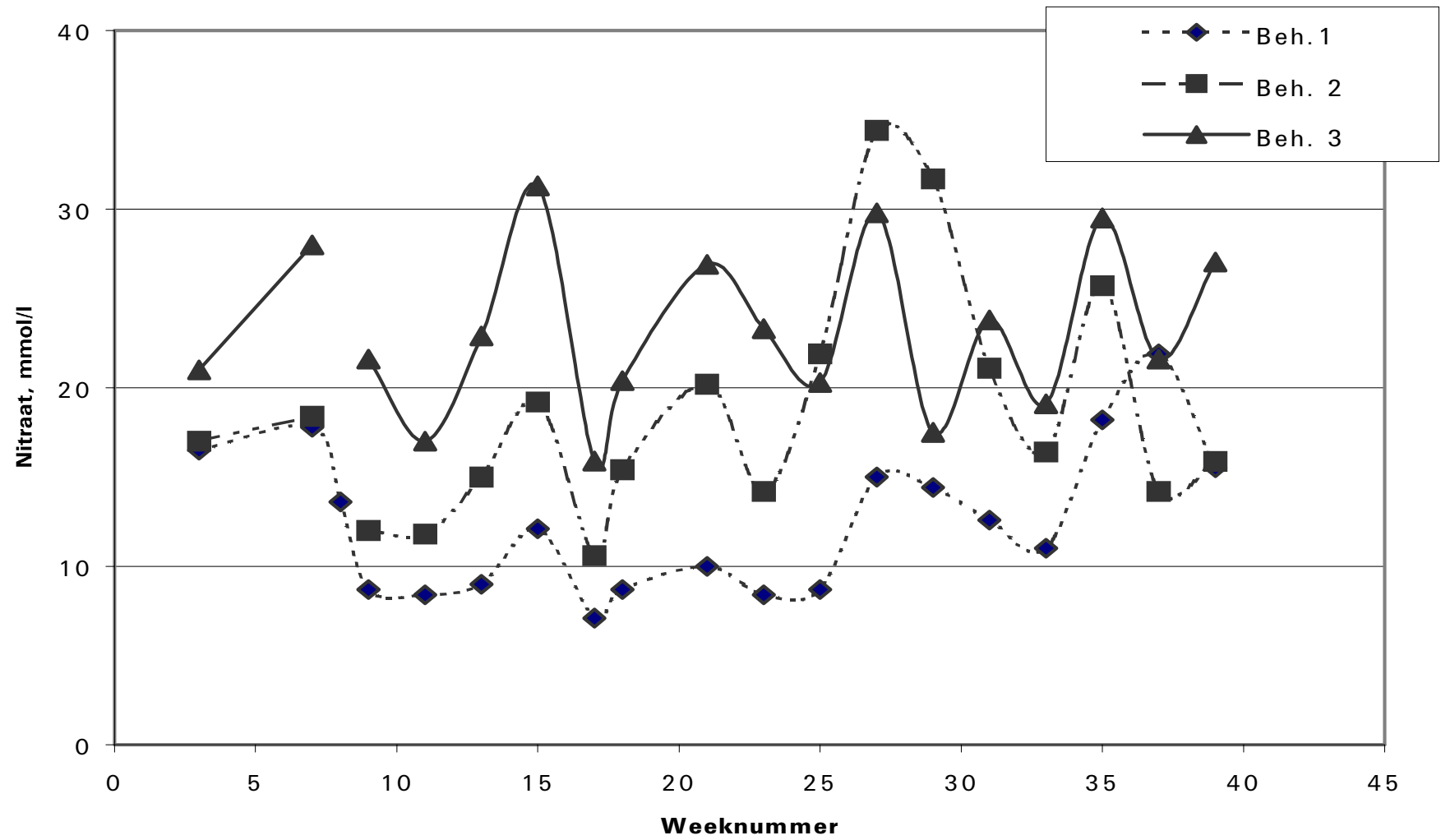
Wel/niet recirculeren gaf geen verschil in productie. In het gesloten systeem werd het organisch koolstofgehalte in het wortelmilieu 2 – 5 keer hoger dan in het open systeem. Metaboliëten kwamen in zeer lage concentraties voor of de concentraties waren beneden de detectielimiet. Er was geen verschil tussen wel/niet recirculeren.

6 Referenties

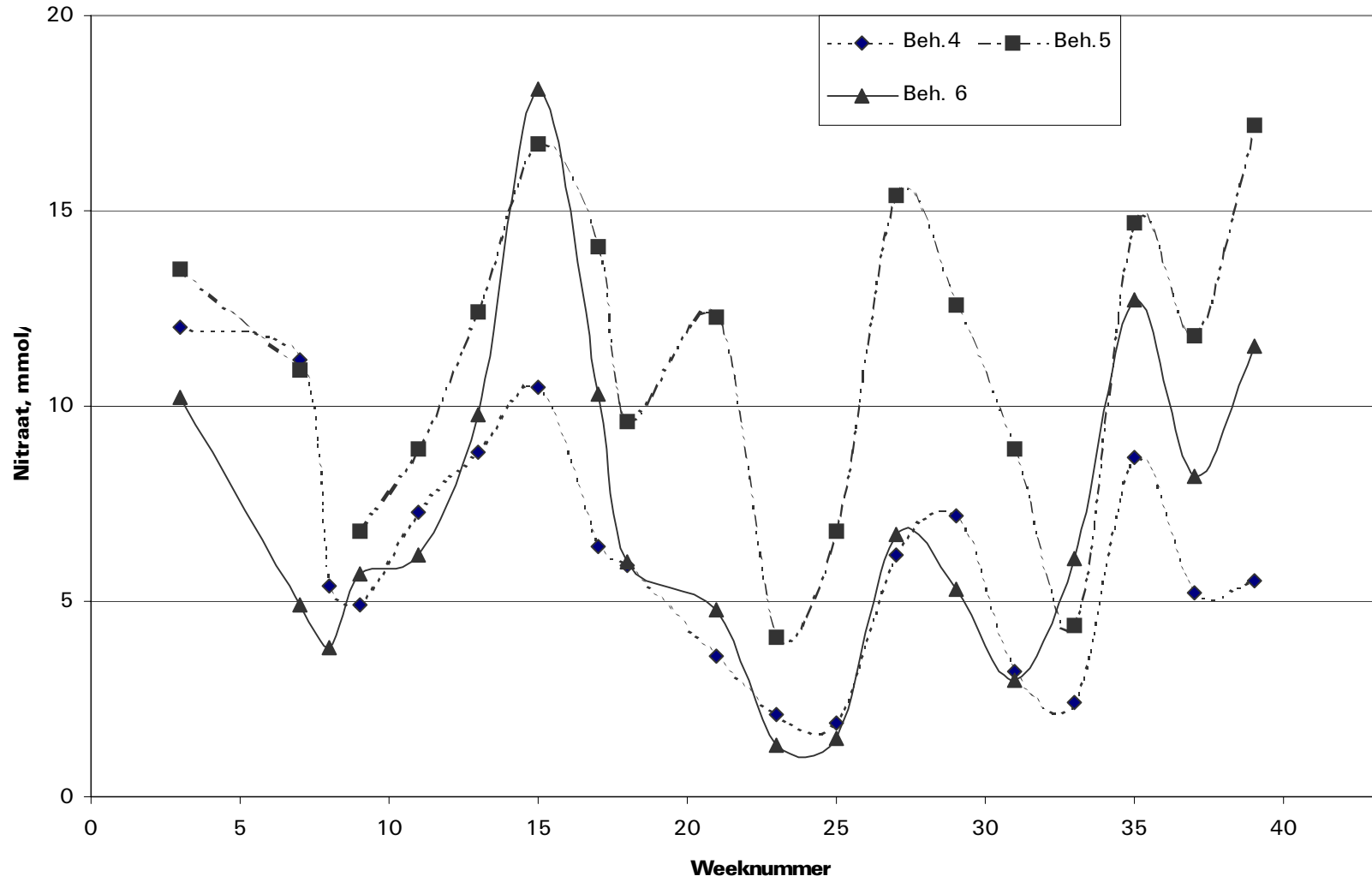
- Anoniem, 2000. Handboek Milieumaatregelen Glastuinbouw. Stuurgroep Glastuinbouw en Milieu, Utrecht
- Anoniem, 2002. Besluit van 21 februari 2002, houdende regels voor glastuinbouwbedrijven en voor bepaalde akkerbouwbedrijven (Besluit glastuinbouw). Staatsblad 109, 's-Gravenhage www.overheidsinformatie.nl/OperArt/Art_005786/28-2-2002-wg5.pdf .
- De Graaf, R., 1988. Automation of the water supply of glasshouse crops by means of calculating the transpiration and measuring the amount of drainage water. *Acta Hort.*, 229: 219-231.
- De Krey, K., 1998. Onderzoek. Geen verschil in productie open en gesloten systeem. *Groenten en Fruit. Glasgroente* 8(29): 12-13.
- De Kreij, C., W. Voogt, A.L. van den Bos, en R. Baas, 1997. Voedingsoplossingen gesloten teeltsystemen. Tomaat. VG 2. Proefstation voor de Bloemisterij en Glasgroente.
- De Kreij, K. en W. Runia, 2001. Tomaat. Dezelfde productie bij recirculatie drainwater. *Groenten en Fruit. Glasgroente* 11(3): 6-7.
- De Kreij, C., W. T. Runia en A.M.M. van der Burg, in druk. Metabolites, their decomposition, production of tomato and bioassays from open and closed rockwool system. *Acta Hortic.*
- Hand, D.W. and M. Fussell, 1993. Tomatoes: use of potassium nitrate & chloride and calcium nitrate & chloride to elevate root zone conductivities and their effect on yield and quality. HDC PC55, East Malling, UK.
- Hand, D.W. and M. Fussell, 1995. Tomatoes: The influence of reduced nitrate input on yield and fruit quality. HDC PC55a, East Malling, UK.
- Kipp, J.A. en A.L. van den Bos, 2000. Mineralenverbruik en -opname in de glastuinbouw. Rapport 272. PBG, Naaldwijk.
- Veld, H. en K. Reimer, 2001. Kwalitatieve en kwantitatieve GC-MS analyses van vier voedingsoplossingen. TNO-rapport, NITG 01-199-B
- Voogt, W. en H.G.M. Sonneveld-van Buchem, 1989. Tomaat. Hoge fosfaatconcentraties hebben negatieve effecten. *Groenten en Fruit* 44 (35):38-39.
- Voogt, W. and C. Sonneveld. In press. Interactions between nitrate (NO₃) and chloride (Cl) in nutrient solutions for substrate grown tomato. *Acta Hortic.*

Figuren (1 t/m 7) en Bijlagen (1 t/m 8)

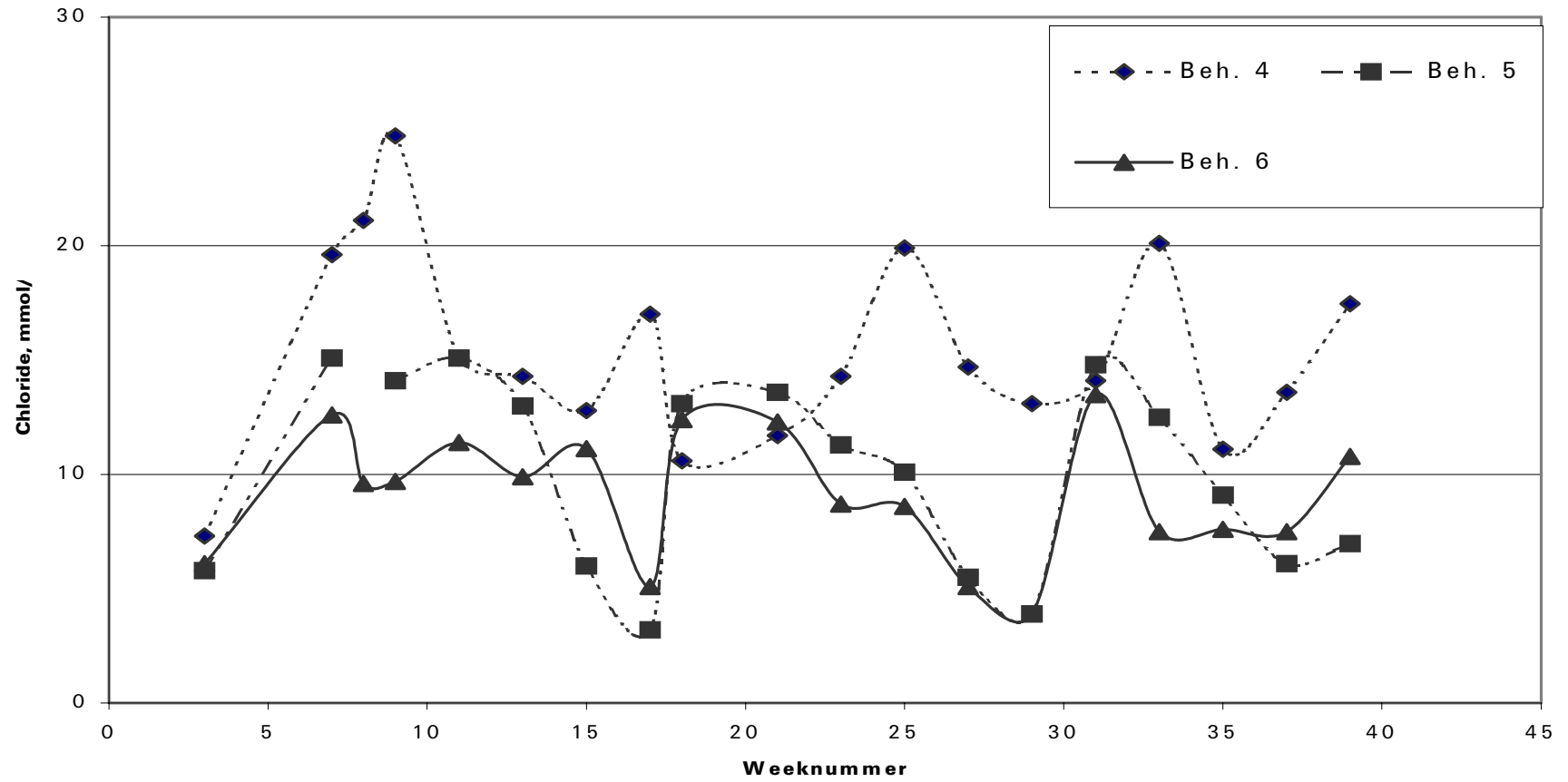
Figuur 1 . Nitraatgehalte in drain van de behandelingen 1-3 in de N-proef



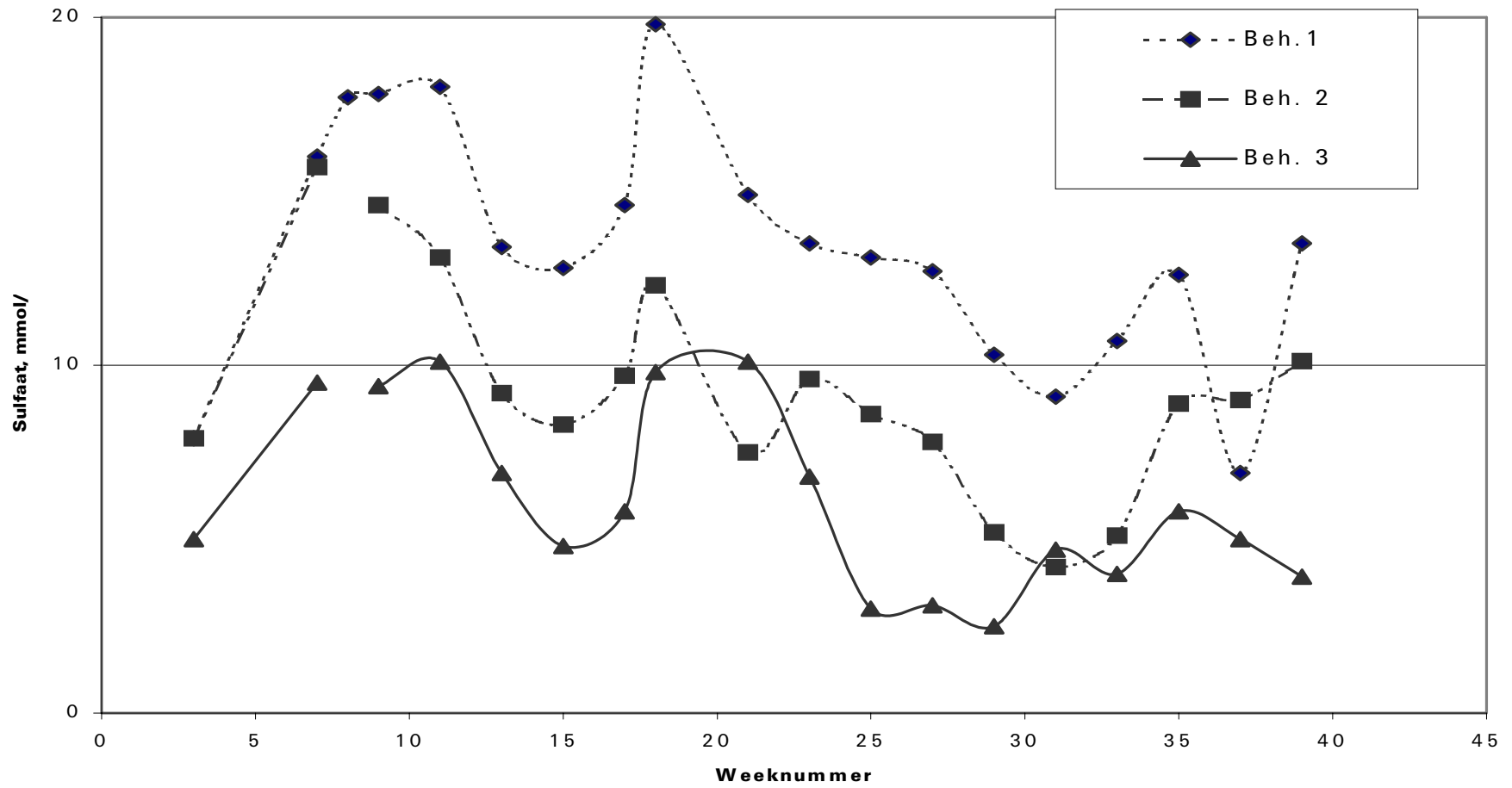
Figuur 2. Nitraatgehalte in de drain van behandeling 4 - 6 in de N-proef.



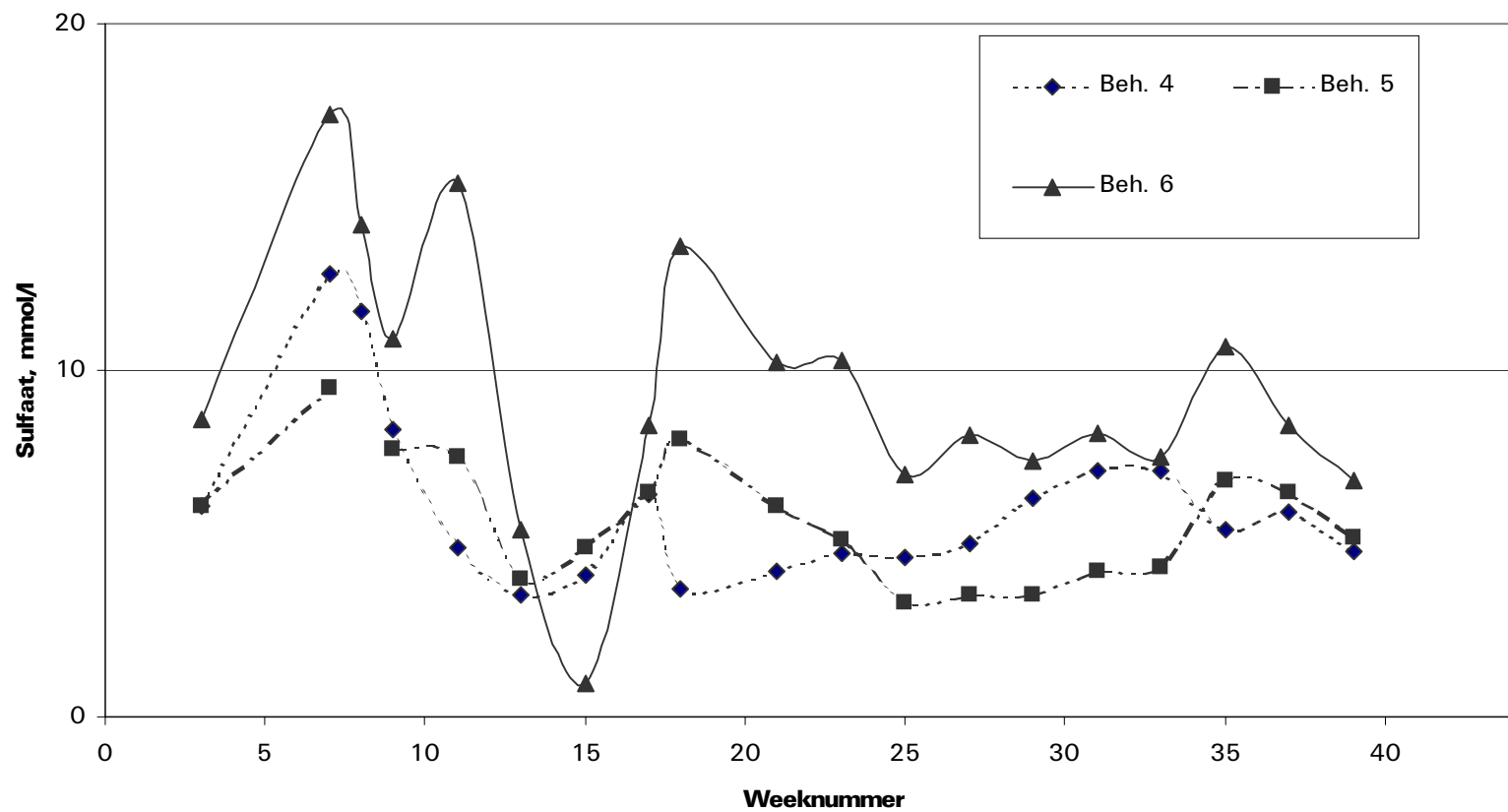
Figuur 3. Chloridegehalte in de behandelingen 4-6 in de N-proef



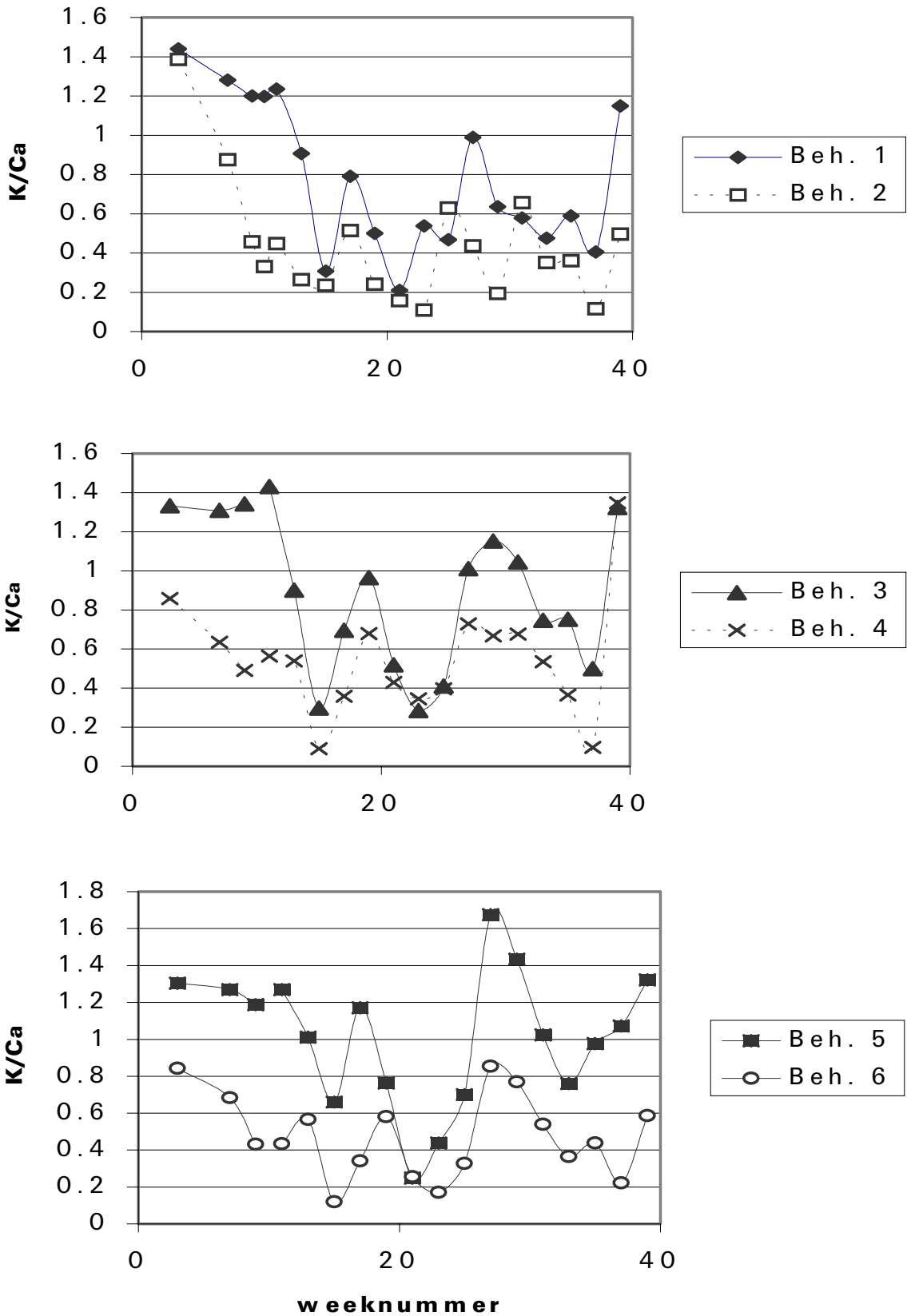
Figuur 4. Sulfaatgehalten in de behandelingen 1 - 3 in de N-proef.



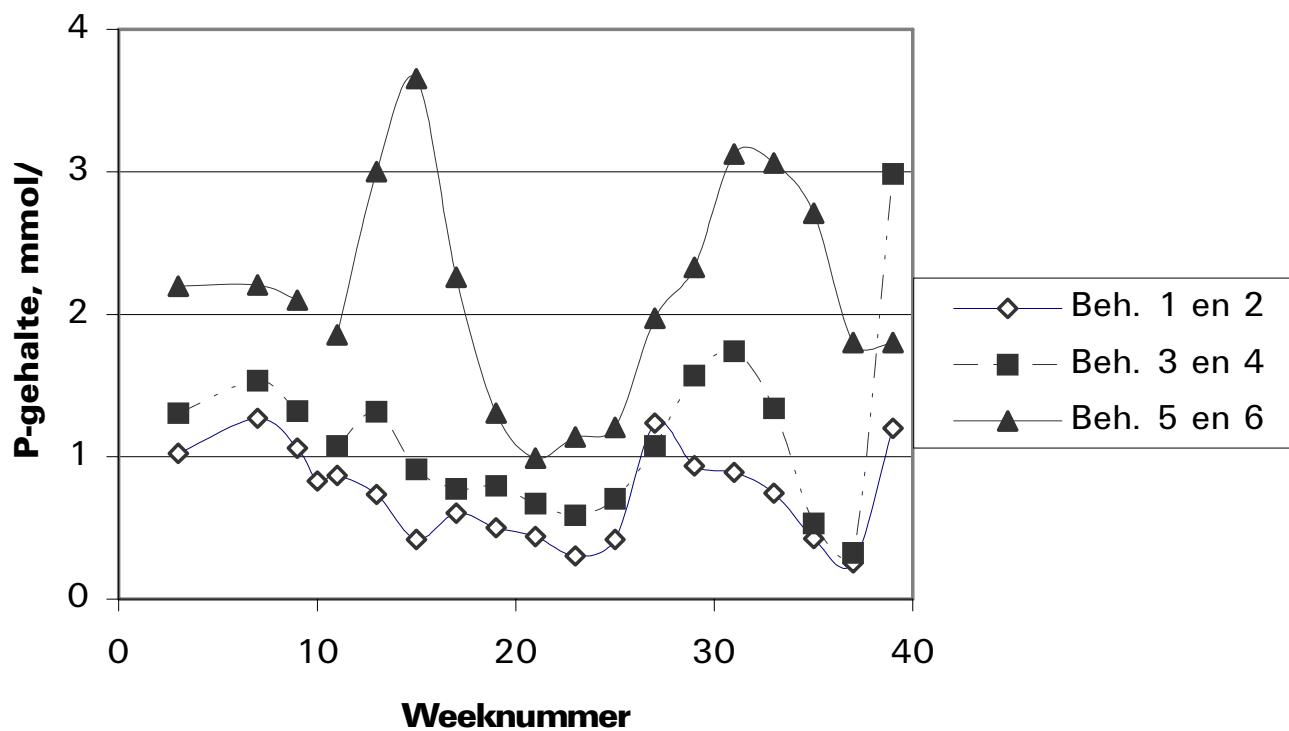
Figuur 5. Sulfaatgehalte in de drain van behandelingen 4 - 6 in de N-proef



Figuur 6. K/Ca verhouding in de P-proef



Figuur 7. P-gehalten in de drain van de P-proef.



Bijlage I De plattegrond van kas 306.5 van de N-proef

bovenbakken

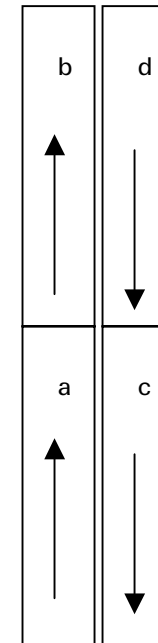
1	2	3	4	5	6
---	---	---	---	---	---

onderbakken

1	2	3	4	5	6
---	---	---	---	---	---

	1	3	2	5	6	4	3	6	2	1	5	4	1	2	4	3	5	6	baknr.
	BP	BP	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	BP	BP	veldnr.
		d	b	d	b	d	b	d	b	d	b	d	b	d	b	d	b		rijrichting
		c	a	c	a	c	a	c	a	c	a	c	a	c	a	c	a		
	BP	BP	1	3	5	7	9	11	13	15	17	19	21	23	25	27	BP	BP	veldnr.
	2	3	4	6	5	1	2	5	3	4	1	6	1	3	6	2	5	4	baknr.
↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	pa

rijrichting



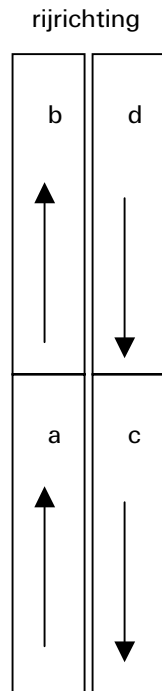
onderbakken

1	2	3	4	5	6	7	8
---	---	---	---	---	---	---	---

bovenbakken

1	2	3	4	5	6	7	8
---	---	---	---	---	---	---	---

	5	2	7	6	3	4	5	1	8	5	4	7	1	8	6	3	2	2	baknr.
	BP	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30	32	BP	veldnr
		d	b	d	b	d	b	d	b	d	b	d	b	d	b	d	b		rijrichting
		c	a	c	a	c	a	c	a	c	a	c	a	c	a	c	a		
	BP	1	3	5	7	9	11	13	15	17	19	21	23	25	27	29	31	BP	veldnr
	6	6	1	2	5	3	8	7	4	1	3	5	2	8	6	4	7	7	baknr.



Bijlage 3. Gemiddelde elementgehalten in de drain van de behandelingen 1 - 6 in de N-proef.

Beh.	pH	EC	NH4	K	Na	Ca	Mg	NO3	Cl	SO4	HCO3	Ortho-P	Fe	Mn	Zn	B	Cu	Mo	Si
		mS/cm	mmol/l	mmol/l	mmol/l	mmol/l	mmol/l	mmol/l	mmol/l	mmol/l	mmol/l	mmol/l	umol/l	umol/l	umol/l	umol/l	umol/l	umol/l	mmol/l
1	5.61	3.48	0.16	9.1	2.2	9.8	4.9	12.5	0.2	13.4	0.1	1.52	35.3	8.9	13.7	72.6	2.2	1.8	0.8
2	5.62	3.49	0.15	8.4	2.0	9.5	4.6	18.6	0.2	9.3	0.1	1.61	36.5	8.1	13.5	77.2	2.0	1.7	0.7
3	5.69	3.53	0.14	6.7	2.3	9.3	4.6	23.2	0.4	6.1	0.1	1.50	38.1	7.3	12.8	78.7	1.9	1.4	0.9
4	5.73	3.48	0.16	8.2	2.2	8.5	4.1	6.2	15.4	6.1	0.1	1.83	35.9	7.8	12.9	78.6	1.8	1.4	0.7
5	5.72	3.35	0.16	7.1	2.2	8.6	4.0	11.2	10.0	5.7	0.1	1.67	38.3	8.1	12.4	72.4	1.7	1.4	0.8
6	5.86	3.40	0.14	8.2	2.3	8.8	4.5	7.2	9.1	9.4	0.1	1.93	31.9	7.3	13.5	72.2	1.6	1.8	0.6

Bijlage 4. Gemiddelde elementgehalten in de drain van behandelingen 1 - 8 in de P-proef

Beh	pH	EC mS/cm	NH4 mmol/l	K mmol/l	Na mmol/l	Ca mmol/l	Mg mmol/l	NO3 mmol/l	Cl mmol/l	SO4 mmol/l	HCO3 mmol/l	P mmol/l	Fe umol/l	Mn umol/l	Zn umol/l	B umol/l	Cu umol/l	Mo umol/l	Si mmol/l	K/Ca
1	5.7	3.85	0.21	7.9	2.0	10.1	5.3	24.4	1.9	7.1	0.1	0.81	55	12	16	74	2.3	1.7	0.82	0.79
2	5.9	3.73	0.15	4.8	2.0	11.8	4.9	25.3	1.5	6.6	0.2	0.69	47	9	13	79	1.9	1.6	0.73	0.41
3	5.5	3.81	0.19	8.4	2.2	9.7	5.0	25.3	0.5	6.8	0.1	1.14	39	10	14	85	2.0	1.5	0.79	0.87
4	5.6	3.98	0.21	6.5	2.4	12.0	4.8	28.8	0.6	6.4	0.1	1.14	59	12	13	78	2.1	1.7	0.92	0.54
5	5.4	3.77	0.17	9.1	2.2	9.3	4.8	24.3	0.7	6.6	0.1	1.98	43	8	13	74	2.2	1.4	0.85	0.98
6	5.2	3.82	0.17	5.4	2.1	12.0	4.8	26.5	0.6	6.2	0.1	2.32	45	11	15	81	2.5	1.2	0.87	0.45
7	5.1	3.68	0.25	9.8	0.6	9.7	4.9	20.7	0.9	8.6	0.1	1.55	31	11	9	62	2.0	0.9	0.18	1.01
8	5.0	3.68	0.27	9.8	0.6	9.8	4.8	20.7	1.1	8.6	0.1	1.49	31	11	9	62	1.9	0.8	0.18	1.00

Bijlage 5. De N-gehalten per gewasdeel per periode en de gemiddelden van de twee proeven

N proef

N-gehalte, mmol/kg		beh.						
gewasdeel	Periode	1	2	3	4	5	6	gem.
blad	1	3286	3286	3214	2786	3071	3000	3107
	2	2869	2884	2898	2463	2655	2648	2736
	3	2521	2450	2464	2193	2329	2114	2345
	4	2229	2171	2243	2121	2143	2000	2151
	5	2464	2279	2300	2314	2414	2307	2346
Gemiddelde blad		2674	2614	2624	2375	2522	2414	2537
vrucht	1	2000	1786	1786	1786	1786	1714	1810
	2	1286	1429	1286	1286	1357	1500	1357
	3	1364	1257	1243	1229	1307	1393	1299
	4	1235	1378	1299	1221	1256	1256	1274
Gemiddelde vrucht		1471	1462	1403	1380	1427	1466	1435
stengel	5	1336	1207	1314	1036	1236	1100	1205

P proef; behandeling 7 is het niet-recirculerende circuit

gewasdeel	Periode	1	2	3	4	5	6	7	Gem
blad	1	3214	3214	3214	3214	3286	3214	3357	3245
	2	2898	2905	2862	2791	2884	2869	3005	2888
	3	2243	2336	2321	2321	2343	2400	2379	2335
	4	2350	2250	2100	1979	2171	2329	2164	2192
	5	2571	2336	2571	2186	2521	2529	2529	2463
Gemiddelde blad		2655	2608	2614	2498	2641	2668	2687	2624
vrucht	1	1786	1714	1786	1714	1857	1714	1857	1775
	2	1429	1429	1357	1500	1429	1357	1500	1429
	3	1457	1393	1386	1393	1243	1336	1293	1357
	4	1442	1399	1271	1385	1171	1256	1249	1310
Gemiddelde vrucht		1528	1484	1450	1498	1425	1416	1475	1468
stengel	5	1286	1329	1371	1179	1314	1293	1471	1320

Bijlage 6. De P-gehalten per behandeling per periode en per gewasdeel en de gemiddelde van de twee proeven.

N proef

P-gehalte, mmol/kg		beh.						
deel	periode	1	2	3	4	5	6	Gem
blad	1	255	245	258	255	265	265	257
	2	252	232	229	239	229	226	235
	3	271	262	242	242	239	213	245
	4	245	255	255	226	190	232	234
	5	252	262	245	190	255	161	228
Gemiddelde blad		255	251	246	230	236	219	240
vrucht	1	242	210	232	229	229	210	225
	2	161	165	155	161	152	168	160
	3	145	155	158	152	165	145	153
	4	149	152	142	149	136	126	142
Gemiddelde vrucht		174	170	172	173	170	162	170
stengel	5	323	355	355	262	300	249	307

P proef; behandeling 7 is het niet-recirculerende circuit

P-gehalte, mmol/kg		beh.							
	periode	1	2	3	4	5	6	7	Gem
blad	1	216	216	239	229	249	245	258	236
	2	168	197	220	187	223	226	245	209
	3	168	207	203	197	216	232	287	216
	4	171	207	174	174	220	223	316	212
	5	158	187	158	174	223	194	355	207
Gemiddelde blad		176	203	199	192	226	224	292	216
vrucht	1	207	213	223	213	216	220	232	218
	2	145	152	158	142	155	155	174	155
	3	149	155	152	145	165	155	174	156
	4	132	142	136	126	149	142	171	143
Gemiddelde vrucht		158	165	167	156	171	168	188	168
stengel	5	252	320	316	268	316	323	420	316

Bijlage 7 De droge stof productie en de N- en P-opname van de twee proeven

N proef

Gegevens	gewasdeel	beh.						gem
		1	2	3	4	5	6	
droge stof, kg/ha	blad	8897	11539	11314	11466	10792	10635	10774
	stengel	3630	4390	4088	3998	3724	3931	3960
	vrucht	29458	30315	30033	29695	29205	28690	29566
N-opname, kg/ha	blad	318	391	385	372	367	343	363
	stengel	68	74	75	58	64	61	67
	vrucht	568	592	558	543	559	577	566
P-opname, kg/ha	blad	70	92	86	75	81	63	78
	stengel	36	48	45	32	35	30	38
	vrucht	147	154	150	150	147	139	148
Eindtotaal droge stof		41984	46244	45435	45159	43721	43256	44300
Eindtotaal N-opname		954	1057	1018	973	991	981	995
Eindtotaal P-opname		254	294	281	257	263	232	263

P- proef; behandeling 7 is het niet-recirculerende circuit

Gegevens	gewasdeel	beh.							Gem
		1	2	3	4	5	6	7	
droge stof, kg/ha	blad	11815	10863	9229	9619	10227	10268	10005	10289
	stengel	3597	5596	3443	3500	3661	3949	3853	3943
	vrucht	28199	28592	29557	27472	27177	28102	28943	28292
N-opname, kg/ha	blad	427	370	328	312	362	369	358	361
	stengel	65	104	66	58	67	71	79	73
	vrucht	585	576	578	563	518	539	573	562
P-opname, kg/ha	blad	61	66	52	55	71	67	99	67
	stengel	28	56	34	29	36	40	50	39
	vrucht	132	140	145	126	138	139	161	140
Eindtotaal droge stof		43612	45051	42229	40591	41065	42320	42802	42524
Eindtotaal N-opname		1076	1051	972	932	948	979	1011	996
Eindtotaal P-opname		221	261	231	210	245	245	311	246

Bijlage 8. Hoofd- en spoorelementen van het monster uit de mat dd 5 november, waarin de DOC en metabolieten zijn bepaald
 Behandeling 3 en 4 is het gesloten systeem en behandeling 7 en 8 is het open systeem

monster	pH	EC	NH4	K	Na	Ca	Mg	Si	NO3	Cl	SO4	HCO3	P	Fe	Mn	Zn	B	Cu	Mo
		mS/cm		mmol/l										micromol/l					
Beh 3	5.71	4.54	0	8.6	1.6	12.2	5.8	1.46	34.2	0.0	5.2	0.0	1.45	46.7	13.7	19.0	85	3.86	2.0
Beh 4	5.36	4.82	0	8.1	1.9	15.1	5.7	1.39	35.0	0.0	7.6	0.0	1.65	30.5	42.5	18.7	74	2.76	2.7
Beh 7	4.44	3.67	0.4	9.4	0.3	9.1	4.6	0.26	21.8	0.3	7.1	0.0	1.4	24.2	19.7	7.2	59	2.02	0.5
Beh. 8	4.61	3.70	0.3	9.2	0.6	9.1	4.4	0.54	24.1	0.0	5.9	0.0	1.26	31.0	18.8	7.8	62	2.36	0.9