



Emissieloze tuinbouw: teeltwissel strategie

Paprika teelt September-Oktober 2016

Chris Blok¹, Romain Leyh¹ en Marco Bustamante²

1. Wageningen University & Research, 2. Universidad Autonoma Agraria Antonio Narro

Rapport GTB-1429

Referaat

Aan het einde van een teelt is er nog een aanzienlijke hoeveelheid nitraat en fosfaat aanwezig in het water in de teeltmatten en in de leidingen en voorraadvaten van het irrigatiesysteem. Om de eindeteelt emissie van nitraat en fosfaat vanuit het teeltsysteem te verminderen, is er een strategie ontwikkeld om in de laatste weken van de teelt de plant de voorraden aan nitraat en fosfaat te laten opeten. Dit moet uiteraard gebeuren zonder dat de productie of de kwaliteit van de productie in de laatste weken daaronder leidt. De strategie bestond uit het, in de laatste weken, geleidelijk verlagen van de aanvoer van nitraat, EC en water. De verhouding ammonium/nitraat werd juist verhoogd om de matten enigszins te verzuren zodat mogelijk neergeslagen fosfaat in oplossing komt. Chloride werd gebruikt om nitraat te vervangen als belangrijkste anion in de aanvoer zodat het niveau van kationen aanbod, met name kalium, zo lang mogelijk hoog kon blijven.

Abstract

At the end of the cultivation period a considerable amount of nitrate and phosphate is still present in the water in slabs and in the irrigation system. To reduce the emission of this amount of nitrate and phosphate a strategy was developed to use the plant to use this nitrate and phosphate in the last few weeks of the cultivation period. This however should be done without affecting the production or quality of the last fruits to be harvested. The strategy consisted of a gradual decrease over the last five weeks of the cultivation of nitrate, EC and water quantity in the supply. The ammonium to nitrate level was increased to acidify the slabs and release eventual precipitated phosphate. Chloride was used to replace nitrate as anion in the supply to allow to maintain proper levels of cations, notably potassium, in the supply and slab.

Rapportgegevens

Rapport GTB-1429

Projectnummer: 3742223400

DOI: 10.18174/405973 (doi.library@wur.nl)

Dit project / onderzoek is mede tot stand gekomen door de bijdrage van de onderstaande bedrijven en organisaties:



Disclaimer

© 2017 Wageningen Plant Research (instituut binnen de rechtspersoon Stichting Wageningen Research), Postbus 20, 2665 MV Bleiswijk, Violierenweg 1, 2665 MV Bleiswijk, T 0317 48 56 06, F 010 522 51 93, E glastuinbouw@wur.nl, www.wur.nl/plant-research. Wageningen Plant Research.

Wageningen UR Glastuinbouw aanvaardt geen aansprakelijkheid voor eventuele schade voortvloeiend uit het gebruik van de resultaten van dit onderzoek of de toepassing van de adviezen.

Adresgegevens

Wageningen University & Research, BU Glastuinbouw

Postbus 20, 2665 ZG Bleiswijk
Violierenweg 1, 2665 MV Bleiswijk
T +31 (0)317 48 56 06
F +31 (0)10 522 51 93

Inhoud

	Samenvatting	5
1	Introductie	7
	1.1 Achtergrond	7
	1.2 Doel	7
	1.3 Aanpak	7
	1.4 Organisatie	8
2	Materiaal en methoden	9
	2.1 Strategie	11
	2.1.1 Setpoints	11
	2.1.2 Control	12
	2.1.3 Correctie	14
3	Resultaten en discussie	17
4	Conclusies	23
	Literatuur	25
	Bijlage 1 Plattegrond van de kas en plaats van de metingen	27
	Bijlage 2 Data van de nutriëntenanalyse in de matten	29
	Bijlage 3 Gietwater nutriënten analyse	31
	Bijlage 4 Nutriënten in drainwater	33
	Balage 5 EC en vochtmeting in de matten	35

Samenvatting

Eerder onderzoek heeft aangetoond dat paprika, en vele andere gewassen op substraat, met recirculatie van water en voedingsstoffen kunnen worden geteeld. Recirculerend telen leidt tot een efficiënter gebruik van water en meststoffen, zonder vermindering van de productie en met minder impact op het milieu. Toch vraagt het milieubeleid om een nog verdergaande vermindering van de uitstoot van water nitraat en fosfaat, inclusief water, nitraat en fosfaat in de matten en leidingen aan het einde van de teelt.

Deze proef test een nieuwe strategie om de resterende hoeveelheid water-, nitraat en fosfaat aan het eind van de kweekperiode te verminderen.

De strategie verlaagt de aanvoer van voeding maar handhaaft zo lang mogelijk een voldoende wateraanvoer naar de plant. Met deze strategie verlaagde de nitraatvoorraad van 120 tot minder dan 40 mmol/m² en de fosfaatvoorraad van 1.2 tot 0 mmol/m². Ook is de waterhoeveelheid aan het einde van de teelt verminderd van 90 m³/ha tot onder de 20 m³/ha, waarvan ongeveer 9 m³/ha in de mat. Succesvolle maatregelen waren:

- De vervanging van anionen van voornamelijk nitraat naar voornamelijk chloride. Chloride heeft geen korte termijn toxisch effect te laten zien en compenseert met succes de dalende plantopname van nitraat.
- Toename van de verhouding tussen ammonium en nitraat. Ammonium leidt tot een verzuring van de oplossing. Het verhoogt de beschikbaarheid van fosfaat en spoorelementen.
- De strategie beoogde drain na de eerste gietbeurt van de dag te genereren om schadelijke en opgehoopte elementen uit de wortelzone te spoelen. Dit deel van de strategie is nog onvoldoende uit de verf gekomen.

De strategie voldoet dus om de nitraat-, fosfaat- en wateremissie bij de teeltwisseling terug te dringen. De strategie is aangepast op basis van de ervaring die is opgedaan in deze proef. De verbeterde strategie wordt gekwantificeerd in een tabel aan het einde van de conclusies (hier herhaald als Tabel A).

Opgemerkt wordt dat de teeltwisseling strategie resulteerde in een ongehinderde plant opname van alle noodzakelijke elementen, inclusief nitraat en fosfaat tot aan de laatste week van de teelt. Dit kon alleen vastgesteld worden met behulp van een plantopname analyse zoals die door Groen Agro Control wordt toegepast. De plant opname analyse in de laatste weken is een goed hulpmiddel om ervoor te zorgen dat de plantopname de plantbehoefte dekt, ondanks de strategische maatregelen en de ermee samenhangende grote veranderingen in gift en mat oplossingen.

Tabel A

Overzicht van de aanbevolen concentraties in het gietwater.

		Week -5	Week -3	Week -1	Week 0
Nitraat	mmol/l	10	5	5	1.0
Fosfaat*	pHmat<6.5	0.1	0.1	0	0
	pHmat>6.5	1	0.5	0	0
EC	dS/m	2.0	2.0	1.0	0.5
Gietwater	ml/J**	2.5	1.5	0.5	0.5**
Ammonium	mmol/l	1.5	1.0	1.0	1.0
NH ₄ -N/NO ₃ -N	%	10	20	20	100

* De fosfaatconcentratie moet aangepast worden aan het pH niveau. Bij pH boven 6.5 slaat fosfaat in de mat neer en moet de fosfaatgift verhoogd worden.

** Tot het einde is water gegeven om de nutriënten in de mat in oplossing en beschikbaar te houden, Als het watergehalte onder 30% v/v daalt kunnen de nutriënten niet meer naar de wortels stromen of diffunderen en kan de aanwezige voorraad niet worden opgenomen.

1 Introductie

1.1 Achtergrond

De Europees Kaderrichtlijn Water verplicht de Nederlandse overheid om de kwaliteit van het oppervlaktewater te verbeteren. Bijgevolg vereist de wet nu dat telers hun emissies stapsgewijze verminderen, tot nul in 2027.

In het Nederlandse systeem controleren de waterschappen de kwaliteit van het oppervlaktewater. Deze Waterschappen zijn een eeuwenoude Nederlandse publieke structuur met aanzienlijke bevoegdheden. Oorspronkelijk was de belangrijkste taak om, met dijk en pompsystemen, het land onder zee of rivier niveau droog te houden. Deze taak was letterlijk van levensbelang en het openbaar lichaam kreeg dan ook bevoegdheden om lokale overheden aanwijzingen te geven en om bindende wetten met betrekking tot water te verordenen. In latere tijden werd de waterschappen ook het beheer van de kwaliteit van het water gegeven. Dit verklaart waarom de Stichting Toegepast Onderzoek Waterbeheer, STOWA, het werk in dit rapport heeft gefinancierd.

Dit werk is gericht op het verlagen van de uitstoot van voeding uit recirculatiesystemen. Nutriënten circulatie technieken worden al langer beschouwd als een efficiënte manier om nutriëntenemissie te verminderen. Beerling, E.A.M. *et al.* (2014) hebben oplossingen ontwikkeld om te voldoen aan de nieuwe wetgeving eisen voor stikstofemissie van kasteelten. Ze kwamen tot de volgende aanpak/uitgangspunten:

- Verbeterde verdeling van voeding door aanvoerleidingen en druppelaars.
- Verbeterde reiniging van water met behulp van een vlakbed filter.
- Ontsmetting van drainwater met ozon, zonder de noodzaak nog UV-te gebruiken.
- Zelfde gewasopbrengst als in gewassen zonder de aanpassingen.

Dit werk richt zich op het verminderen van de laatste emissie die ontstaat (overblijft) bij de teeltwisseling van recirculerende gewassen. Bij het einde van de teelt blijft voedingsoplossing achter in de matten (30-40 m³/ha), en in het afvoersysteem (10-30 m³/ha). De oplossing bevat een grote hoeveelheid nutriënten, zoals nitraat en fosfaat. Deze restoplossing veroorzaakt milieuvervuiling en moet worden vermeden.

1.2 Doel

De strategie is gericht op het verminderen van de hoeveelheid water en de stikstof- en fosfaathoeveelheid in oplossing bij het einde van de teelt. Deze verminderingen moeten worden gerealiseerd zonder dat de opbrengst en kwaliteit van het gewas afnemen.

1.3 Aanpak

De strategie werd ontworpen om de watergift in geringe mate te verminderen en de voedingsgift sterk genoeg te verlagen om de plant te dwingen de voorraad in mat en leidingen op te maken. De strategie omvatte:

- Het niveau van nitraat in de voeding werd verlaagd. Chloride werd gebruikt om dit anion te vervangen.
- De fosfaataanvoer werd sterk verlaagd. Er werd voorkomen dat calcium en magnesium concentraties opliepen om het neerslaan van fosfaat te voorkomen.
- De pH werd verlaagd tot 5 om de biologische beschikbaarheid van fosfaat en sporenelementen te verhogen.
- De hoeveelheid ammonium werd verhoogd om de pH-verlaging mogelijk te maken en om de verminderde stikstofaanvoer als nitraat nog enigszins te compenseren.
- In eerder werk (van Os, 2016), heeft een vroeg tekort aan water voor de planten tot een verlies van productiviteit tijdens de laatste weken van de teelt geleid. Daarom is in de strategie in 2016 een voldoende hoeveelheid water gegeven tot aan de laatste week. Dat is gedaan door per week voor de laatste vijf weken van de teelt te definiëren hoeveel water wordt gegeven, gekoppeld aan de straling als een maat voor het watergebruik.

1.4 Organisatie

De strategie voor de laatste vijf weken van de teelt werd door Chris Blok van Wageningen Plant Research en Ruud Kaarsemaker van Groen Agro Control (GAC) ontworpen. De feitelijke controles en correcties werden door Romain Leyh en Marco Bustamante uitgevoerd. De gewaszorg werd tijdens de gehele teeltduur door Johan van der Eijk geleverd, waaronder aanpassingen van klimaatinstellingen maar exclusief voedingsniveaus en irrigatie instellingen. Erik van Os en Jim van Ruijven waren verantwoordelijk voor het hele groeiseizoen met emissieloos telen. Jan Janse was betrokken tijdens de gehele teeltduur als paprika specialist.

2 Materiaal en methoden

Voor het recirculeren van water en voeding werd een gesloten systeem gebruikt (Figuur 1 en Figuur 2). Het gewas was paprika (ras Maranello van Enza Zaden), met 2,5 planten per m^2 en 3 stengels per plant. Elke plant had een druppelaar. De verdamping werd gecompenseerd door een watergift van gelijke grootte plus nog een extra percentage om drain te realiseren (Figuur 2). Het irrigatiesysteem had een water gevuld volume van ongeveer 165 l, ofwel $1,4 \text{ l/m}^2$ onderverdeeld in de mengtank (146 l continu in voorraad) en de irrigatieleidingen (19 l).



Figuur 1 De mengbak van de afdeling van 120 m^2 . Links, beeld over de mengbak. Rechts, beeld van de mengbak, de vaten voor de geconcentreerde voedingsoplossing en de verzamelbuffer voor de afvoer (vuil drainwater).

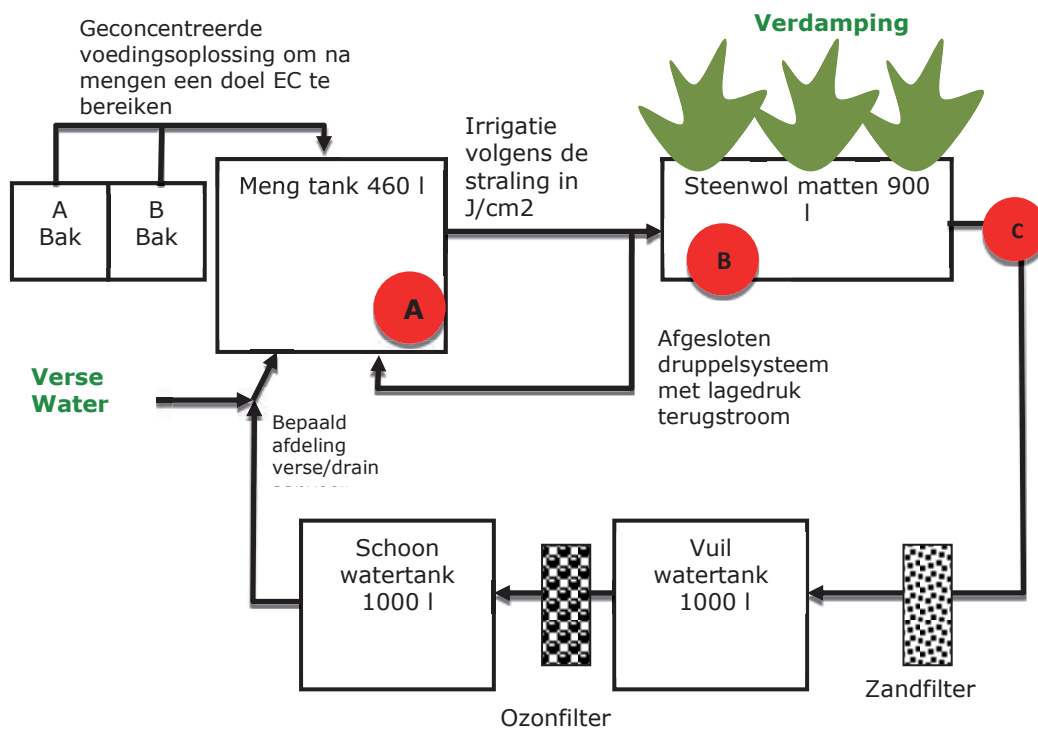
Tijdens de teelt werd een vast mengsel van 66% vers water en 33% ontsmette drainoplossing gebruikt. Geconcentreerde voeding werd aan dit mengsel toegevoegd tot de doel EC was bereikt. De dosering van de geconcentreerde voeding was dus afhankelijk van de doel EC van de voedingsoplossing en van de EC van de drainoplossing. De kant-en-klare voedingsoplossing uit de mengbak (Figuur 1, links) werd vervolgens naar de planten gestuurd met een frequentie die bepaald werd op basis van een ingestelde stralingssom. Tijdens de teelt was de stralingssom tijdens de ochtend 80 J/cm^2 en in de namiddag was de stralingssom 130 J/cm^2 . Telkens als de stralingssom werd bereikt, werd een beurt van $0,25 \text{ l/m}^2$ naar de planten gestuurd. Als de dagelijkse straling laag was, werd een minimale frequentie vastgehouden van ten minste elke 45 minuten, waarbij slechts 90% van de normale hoeveelheid werd gegeven ($0,225 \text{ i.p.v. } 0,25 \text{ l/m}^2$). De gebruikelijke hoeveelheid per gietbeurt is 100 ml per druppelaar en 250 ml/m^2 . Tijdens de teelt werd per dag tussen 2 en $5,5 \text{ l/m}^2$ voedingsoplossing gegeven, dat is 240-660 l voor de afdeling van 120 m^2 .

Het matvolume was 9 l en er waren 100 matten in de afdeling van 120 m², dat is een volume van 7,5 l/m². Het watergehalte van de matten aan het begin van het seizoen was 80%v/v, oftewel 6 l/m². Voor de start van de eindeteeltproef namen de planten ongeveer 66% van het gietwater op. Het afvoerpercentage was dus 33%. Het restvolume van drainwater in het vuil en schoon drainwater tanks was ongeveer 1,7 l/m² dat is 204 liter dat is 10% van het volume van de tanks (2000 l).

De voedingsoplossing werd in de mengbak bemonsterd waar het drainwater en vers water werden gemengd met geconcentreerde voeding (punt A Figuur 2). De oplossing in de mengtank werd naar de irrigatieleidingen gestuurd.

Het gewas heeft meer dan 3 dagen nodig om de voorraad van water in het systeem te verbruiken. De berekening gaat uit van een gemiddelde dagelijkse verbruik van 2,6 l/m², terwijl de voorraad in het irrigatiesysteem, de matten en de drain tanks 1,3 + 6 + 1,7 = 9 l/m² bedraagt.

Bij de start van de eindeteeltproef werd de hoeveelheid van de eerste gietbeurt verdubbeld om het vrijkomen van drainwater te versnellen. Deze maatregel diende om het wortelmilieu te spoelen zelfs al zou later op de dag nauwelijks drain gerealiseerd worden. Het voordeel zou dan zijn dat de accumulatie van elementen, die niet door de plant werden opgenomen, voorkomen wordt.

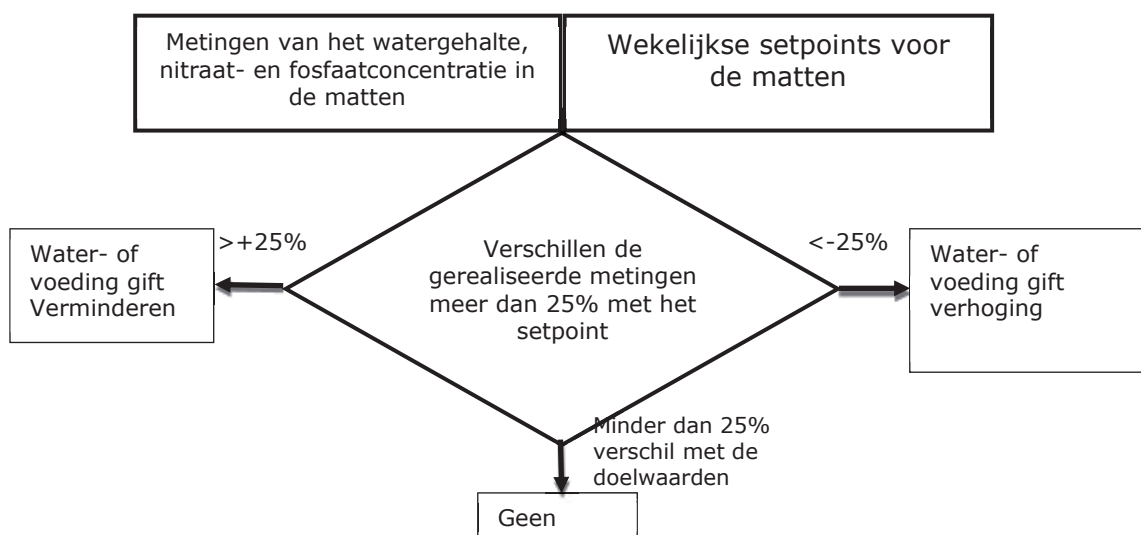


Figuur 2 Recirculatie schema. Punt "A" bemonsteringspunt voor de giftoplossing en voor EC-meting. Punt "B" bemonsteringspunt voor matmonsters, watergehalte en EC-meting. Punt "C" bemonsteringspunt voor drainoplossing en EC-meting.

De matoplossing werd uit 3 matten met een spuit bemonsterd (Figuur 2 punt B, Figuur 4). Het drainmonster werd bij de draininput in de kas bemonsterd en gemeten (punt C Figuur 2).

2.1 Strategie

De strategie was gebaseerd op setpoints voor de hoeveelheid matwater, EC en de concentratie van nitraat en fosfaat in de matoplossing (Tabel 1) en op setpoint voor de gift, de EC-gift en de gehalten nitraat, fosfaat en ammonium in de gift (Tabel 2). Er werden 2 controles per week uitgevoerd om de werkelijkheid met de setpoints te vergelijken. Bij verschillen boven 25% werd een correctie op het gietwater doorgevoerd (Tabel 3). De strategie bestond dus uit de trits: setpoints, controle en correctie (Figuur 3).



Figuur 3 Grafische weergave van het systeem van doel, controle en correctie.

2.1.1 Setpoints

De bewaakte setpoints van de mat waren watervolume, EC en nitraat- en fosfaatconcentratie. De setpoints liepen af in 4 stappen over een periode van 6 weken (Tabel 1). De setpoints van de aanvoer waren de hoeveelheid gietwater op basis van de straling, de EC en de nitraat- fosfaat- en ammoniumconcentraties van de watergift. Hierdoor lag ook de ammonium/ nitraat verhouding vast. Ook de setpoints van de gift namen af in 4 stappen over een periode van 6 weken. (Tabel 2). De setpoints voor aanvoer en mat waren gebaseerd op:

- De aanname voor de totale nitraat voorraad bij aanvang van de regeling was 10 l/m² met 20 mmol nitraat per liter en dat is 200 mmol nitraat m⁻². Dat betekent dat bij een opname van 20 mmol.m⁻² nitraat per dag (zeg 2 liter met 10 mmol/L), de voorraad in tien dagen uitgeput zou worden. Omdat verwacht werd dat de verdamping in het najaar sterk af kon nemen, werd besloten vijf weken te nemen om het hele systeem geleidelijk door te plant leeg te laten eten.
- In 2015, had een eerder onderzoek aangetoond dat wanneer de hoeveelheid gietwater sterk teruggebracht werd, binnen enkele dagen zacht vruchten ontstonden (Os, 2016). Daarom werd besloten om de gift extra geleidelijk en minder dan evenredig met de tijd te laten afnemen. Bovendien werd besloten dat het matwatergehalte niet lager dan 30%v/v hoefde te zijn, omdat bij minder dan 30%v/v watergehalte er geen capillaire samenhang meer is in de mat waardoor water niet meer naar de wortels zou stromen.
- Voor nitraat werd gekozen voor een snelle verlaging naar de aangenomen opname concentratie van 10 mmol/l, en van daaraf een veel geleidelijke verlaging om de plant alleen in de laatste week bloot te stellen aan te lage opname.
- Voor fosfaat werd aangenomen dat er voldoende fosfaat aanwezig was in de vorm van fosfaat neerslag in de matten. Daarom werd de aanvoer in de eerste weken van de behandeling snel verlaagd. Er werd dus aangenomen dat fosfaat wel beschikbaar voor de plant kon zijn, terwijl het niet zichtbaar was in de analyses. Het doel was om de plant alle aanwezige fosfaat uit de matten te laten opnemen. Dit moest gerealiseerd worden door de pH te verlagen.

- Het ammonium in de gift werd constant gehouden, waardoor er een toename van de ammonium/ nitraat-verhouding was, zodat de matten licht zuur zouden worden. Een licht zure oplossing zou neergeslagen fosfaat en sporenelementen weer in oplossing brengen. Deze lagere pH voorkomt ook neerslagen van sulfaat en calcium. De betere calciumbeschikbaarheid voorkomt fysiologische afwijkingen zoals neusrut van de vruchten.
- De EC volgt uit de gedoseerde hoeveelheid water en de al of niet opgenomen voeding in de mat, en kan dus zowel dalen als toenemen. Te lage mat EC wordt voorkomen door aan te voeren wat de plant opneemt, te hoge mat EC, arbitrair op 4.5 gesteld, hindert de opname van voedingszouten en geeft een lagere groei door te hoge osmotische waarde.
- De concentratie van chloride in de voedingsoplossing wordt als compensatie voor de verlaging van het nitraatgehalte verhoogd en het handhaaft het evenwicht tussen anionen en kationen. Chloride zal in tegenstelling tot sulfaat geen neerslagen in de mat geven en stoort bij ophoping in de wortelomgeving de opname van nitraat door de plant minder dan sulfaat.

Tabel 1

Streefwaarden van de nitraat- en fosfaatconcentraties, EC en watergehalte **in de mat** op een bepaald aantal weken voor het einde van de teelt (einde week 0 is einde teelt).

		Week -5	Week -3	Week -1	Week 0
Nitraat	mmol/l	20	10	5	0
Fosfaat	mmol/l	0.1	0	0	0
EC	dS/m	3.5	4	4.5	?
Watergehalte	%v/v	70	60	30	25
	m ³ /ha	53	45	23	19

De setpoints voor de mat instellingen worden bereikt via setpoints voor de aanvoer van de voedingsoplossing.

Tabel 2

Concentraties in de voedingsoplossing van nitraat, fosfaat en ammonium, EC en het volume van de toegevoerde voedingsoplossing in de laatste weken van de teelt.

		Week -5	Week -3	Week -1	Week 0
Nitraat	mmol/l	10	5	5	0
Fosfaat	mmol/l	0.5	0.1	0	0
EC	dS/m	1.8	1.8	1.5	-
Gietbeurt	ml/J*	3.1-1.9	1.7-1.1	1.0-0.6	0
Ammonium	mmol/l	1.0	1.25	3.0	1.5
NH ₄ -N/NO ₃ -N	%	10	25	60	100

* ml/J is de hoeveelheid toegevoegd per druppelaar per straling eenheid gemeet op 1 cm². De druppelaars sturen 100 ml water in 2 minuten, dat is 50 ml/min. Er zijn 2,5 druppelaars per m².

2.1.2 Control

Controle van de voedingsoplossing werd twee keer per week uitgevoerd. Vier instellingen werden gecontroleerd:

- Volume van water.
- Oplossing EC.
- Nitraatconcentratie in oplossing.
- Fosfaatconcentratie in oplossing.

Deze instellingen werden in de voedingsoplossing, het watergehalte in de matten en de drainwater gemeten. De controle op de voedingsoplossing en op het drainwater werd op maandag en donderdag van elke week uitgevoerd (Tabel 3), als volgt:

Het volume voedingswater toegevoegd per plant en per dag werd gemeten met een maatbeker waarin 1 druppelaar uitkwam, die hiervoor apart in de aanvoerleiding gestoken was. Het watergehalte van de matten werd in situ gemeten met behulp van een Grodan WCM-control (Frequency Domain of FD-meter type) (Figuur 4). Het volume van drainwater werd aan één enkele mat gemeten. De mat werd op een los gootdeel geplaatst en heeft een maatbeker om de drain te verzamelen.

Het gietwater, de matoplossing en het drainwater werden als in Figuur 2 bemonsterd. De monsters werden uit de mengtank, met een spuit uit 3 matten (Figuur 4) en uit de algemene drainput verzameld. EC en pH van de monsters werden direct met een EC SC 72 EC-meter en een pH 71 pH-meter gemeten. De monsters werden naar het laboratorium van Groen Agro Control gestuurd ter analyse van de nutriëntenconcentratie. Groen Agro Control voerde ook een nadere analyse van de gegevens uit en meldde op basis daarvan de plantopname. Plantopname werd bepaald als de hoeveelheid van gietwater minus de hoeveelheid drainwater, en dat weer gedeeld door de geraamde groei over dezelfde periode. De groeiraming is een uniek modelproduct van Groen Agro Control.

De laatste analyse werd gemaakt na een 1:3 extractie met demiwater. De 1:3 extractie geeft een idee van de nog oplosbaar elementen in de mat, zelfs als deze elementen op dat moment niet beschikbaar zijn. De 1:3 extractie was nodig in de laatste dagen toen het lage watergehalte van de matten het onmogelijk maakte een monster uit de mat te zuigen.



Figuur 4 Links: Beeld van bemonstering van de mattenoplossing. Rechts: Meting van de watergehalte in de mat door de FD meter.

Op basis van de resultaten van de metingen, zijn de volgende dag corrigerende maatregelen uitgevoerd, dus op dinsdag en vrijdag, om de setpoints zoals gepland te bewaren.

Tabel 3

Wekelijkse metingen van de voedingsoplossing en van de drainoplossing en de correctie antwoord uitgevoerd op dag na die tijd ter compensatie van eventuele afwijkingen van de streefwaarden.

Metingen	Dag 1	Dag 2	Herhaling	Acties	Wat
Volume gietwater	Maandag	Donderdag	1	Di, Vr	Verandering van de nutriënt oplossing of de irrigatie instellingen
Volume afvoer / drainwater	Maandag	Donderdag	1	Di, Vr	
EC-gietwater	Maandag	Donderdag	1	Di, Vr	
EC-drainwater	Maandag	Donderdag	1	Di, Vr	
pH gietwater	Maandag	Donderdag	1	Di, Vr	
pH drainwater	Maandag	Donderdag	1	Di, Vr	
Mat watergehalte	Maandag	Donderdag	3	Di, Vr	
Matoplossing EC	Maandag	Donderdag	3	Di, Vr	
Matoplossing pH	Maandag	Donderdag	3	Di, Vr	

2.1.3 Correctie

Op basis van de analyseresultaten werden correcties uitgevoerd. Deze aanpassingen waren erop gericht om de systeeminstellingen binnen een marge van 25% ten opzichte van de wekelijkse setpoint te houden (Tabel 4):

- Als de gemeten hoeveelheid water in het systeem te ver van het setpoint was, werd de water gift aangepast.
- Als de EC in een deel van het systeem te hoog of te laag was, werd de EC van het gietwater aangepast. Twee mogelijkheden zijn hiervoor, aanpassing van EC van het gietwater of aanpassing van de verhouding tussen drainwater en vers water.
- Als de concentratie van nitraat of fosfaat meer dan 25% van de doelwaarde afwijkt, zijn twee oplossingen mogelijk; (1) aanpassing van de verhouding tussen drainwater en vers water of (2) aanpassing van de concentratie in de geconcentreerde voedingsoplossing (A en B tank).

Tabel 4

Correctie van negatieve of positieve afwijkingen van de setpoints van nitraat, fosfaat, EC en vochtgehalte in de matten.

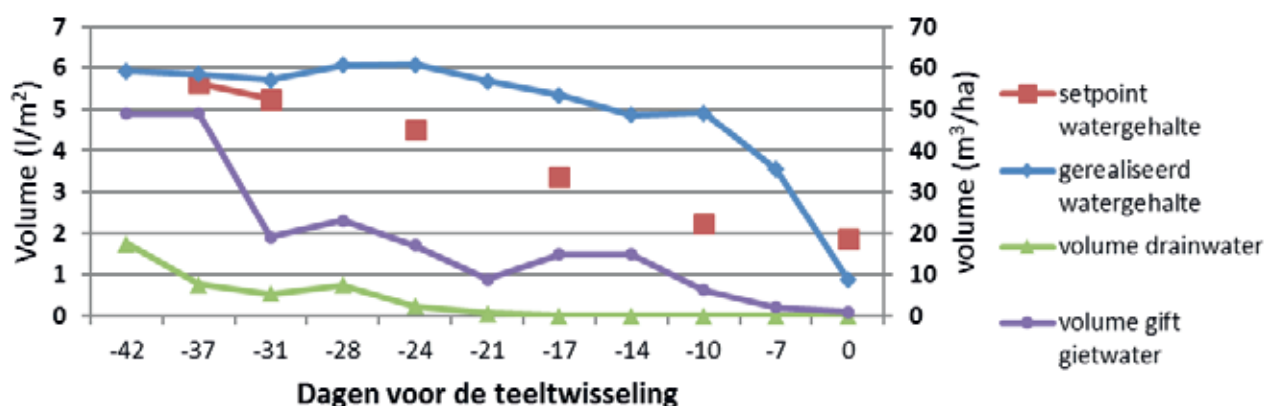
		Afwijking in de matten	Correctie van de gift	Afwijking in de matten	Correctie van de gift
Nitraat	mmol/l	-25%	+25%	+25%	-25%
Fosfaat	mmol/l	-25%	+25%	+25%	-25%
EC	dS/m	-25%	+25%	+25%	-25%
Watergehalte	%v/v	-25%	+25%	+25%	-25%

De correctie van het gietwater was op verschillende parameters gebaseerd. (1) In de eerste plaats werd de stralingssom aangepast. Deze aanpassing was beperkt omdat een minimale levering van 100 ml per druppelaar per gietbeurt moest worden gerealiseerd. Hierdoor waren maar kleine aanpassingen op de watergift hoeveelheid en de frequentie mogelijk. De eerste gietbeurt aan het begin van de proef werd verdubbeld tot 200 ml/beurt/druppelaar voor het spoelen van niet geabsorbeerde elementen. (2) Een tweede keuze is om de dagelijkse periode van irrigatie in te korten (i.e. aanpassen van start en stoptijden). De wateropname door de planten was overdag uiteraard hoger dan 's nachts. Een vermindering van de dagelijkse periode van irrigatie (vroeger op de dag stoppen met watergeven) dwong de plant om meer water uit de matten te gebruiken.

De correctie van de voedingsstoffenaanvoer werd gerealiseerd door het veranderen van de geconcentreerde voedingsoplossing (A en B tanks). Dit gebeurde hooguit één keer per week om tijd te hebben om deze wijziging effectief te laten zijn. Om verschillende redenen was er tijd nodig om de concentratie van nutriënten in het gietwater te veranderen. (1) Een volume van 1.3 l/m² bleef in de eerste plaats altijd in het irrigatiesysteem. Dit volume werd stap voor stap met 0,25 l/m² per gietbeurt gemengd. (2) Ten tweede werd de geconcentreerde oplossing uit de A en B bak met 70 liter oud gietwater in de mengbak en 15 liter drainwater gemengd. Setpoint EC-verandering was daarom moeizaam en kostte tijd. Wijzigingen van de geconcentreerde oplossing werden pas na een paar dagen effectief in de matten.

3 Resultaten en discussie

Figuur 5 laat zien dat als het gietwater verminderd, tegelijkertijd het drainwater verminderd en langzaam de voorraad in de matten minder wordt. De voorraad water in de matten was boven het verwachte niveau aan het begin van de proef door de grote waterbuffer in het systeem (drainopslag en leidingen).

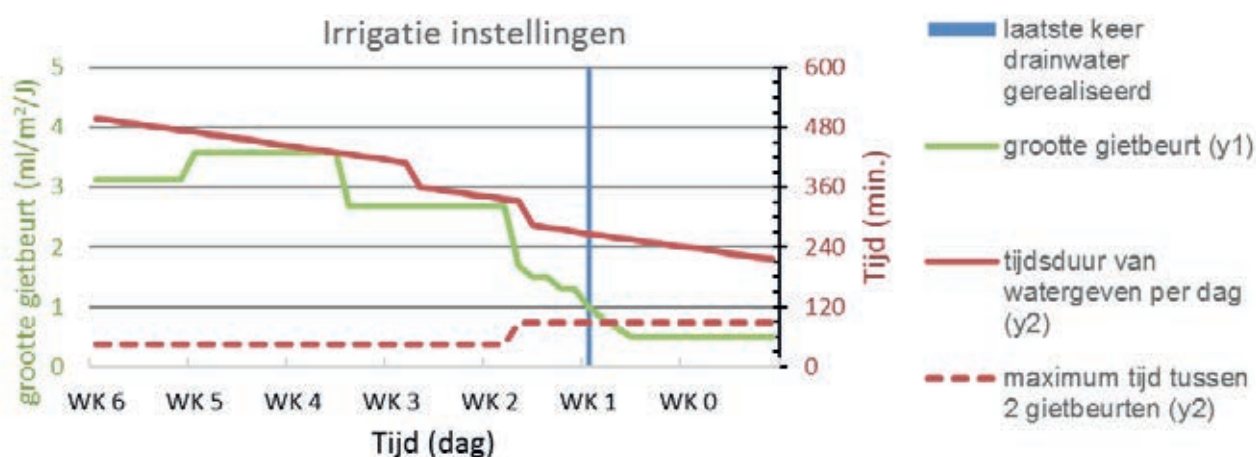


Figuur 5 Setpoint watergehalte matten en gerealiseerde waarden als gevolg van de watergift (2x per week gemeten, Week 0 is einde teelt).

De variatie van de stralingsinstelling verklaart de variabiliteit van het volume gietwater. Aan het begin van de proef, werd de aanvoer van water eerst, achteraf onterecht, verhoogd naar 5 ml/J/m² in week 6. Daarna werd het geleidelijk van 3,6 ml/J/m² tot 0,5 ml/J/m² of van 5 l/m² tot 0.5 l/m² verlaagd. Deze vermindering van de aanvoer had een zichtbaar invloed op het volume van de drain en het vochtgehalte van de matten.

Gietwater is op basis van verschillende instellingen verminderd.

- Ten eerste werd de grootte van de gietbeurt op basis van de straling verkleind (groene lijn op Figuur 6). In de groene lijn is ook verwerkt dat de eerste gietbeurt van de irrigatie, die aan het begin van het experiment werd verdubbeld, naar een normale waarde werd teruggebracht na week 2 omdat er geen drain was na woensdag week 2.
- Ten tweede werd de dagelijkse periode van irrigatie verkort in week 3 op donderdag met 45 minuten vóór zonsondergang en in week 2 op donderdag met 45 min na zonsopkomst, wat resulteerde in een vermindering van 1,5 uur van de periode waarin het gewas wordt geïrrigeerd (volle rode lijn op Figuur 6). Verkleining van de irrigatieperiode leidde snel tot drogere matten.



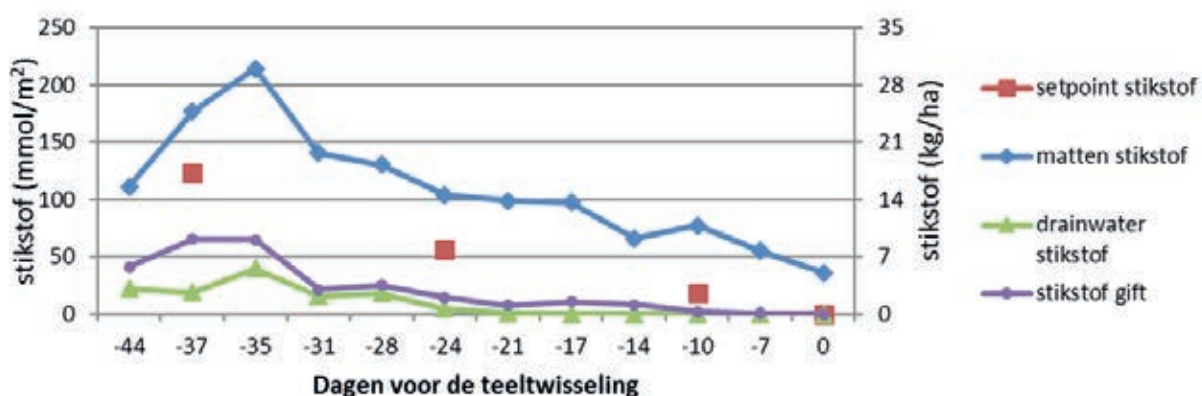
Figuur 6 Chronologie van de irrigatie instellingen verandering.

De hoeveelheid drainwater begon aan het begin van week 4 te verminderen als gevolg van de vermindering van het giftwater. Tussen 1,8 l/m² en 2,3 l/m² (30-40% van de levering) kwam terug als drainwater aan het begin van het experiment. De strategie verminderde de hoeveelheid tot 0 l/m² aan het begin van week 2 (na 4 weken). Tijdens de drie eerste weken, steeg het drainvolume op zonnige dagen, zoals op donderdag week 4. Het laat zien dat een gift van 2 ml/J/m² voldeed. Aan het einde van de proef werd nog wel een geringe hoeveelheid drain geproduceerd omdat de droge matten niet snel genoeg water konden vasthouden. Van belang hierbij is ook dat de wortels in de bodem van de mat geconcentreerd waren. Wortels kunnen helpen om water vast te houden als ze beter in de mat verdeeld zitten (Figuur 7).



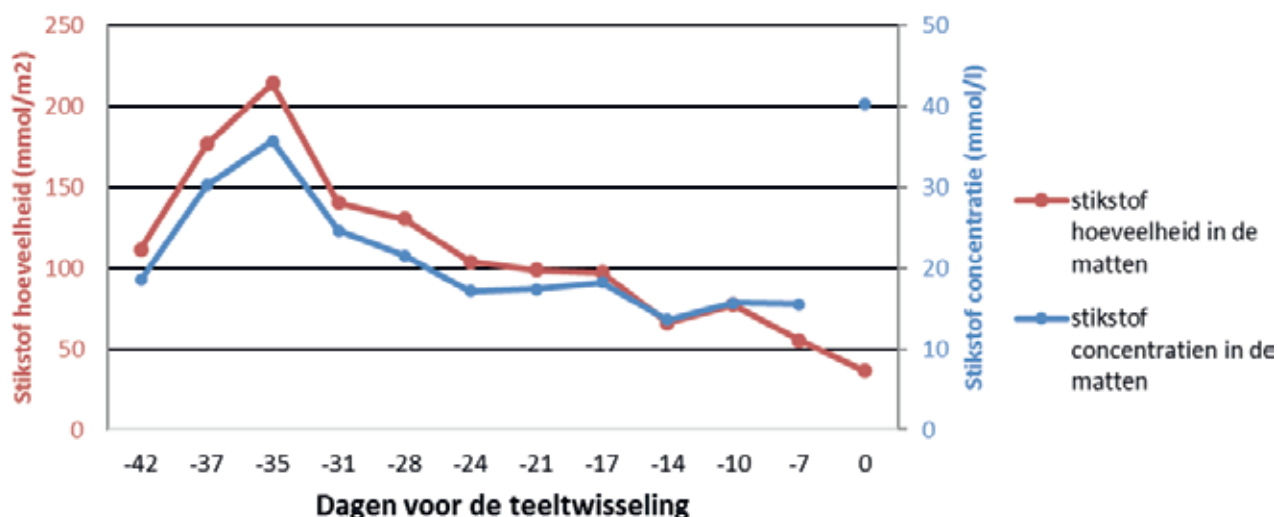
Figuur 7 Beeld van een matmonster op de laatste dag. Links, mat van de bovenkant met de plek waar de paprikavoet was verbonden. Midden, zijkant van de mat met een laag van wortels waar de originele onderkant was. Rechts, onderkant van de mat, geheel bedekt met wortels.

Het watergehalte van de matten begon te dalen als het drainwater minder dan 10% van de gift was (week 3). Als het vochtgehalte van de matten minder als 65%v/v (week 2) was, nam de heterogeniteit tussen het watergehalte van de matten toe, waardoor de metingen minder nauwkeurig werden. In week 1 varieerde het watergehalte tussen de 2.3 en 5.3 l/m², d.w.z. 30 en 70%v/v. Dat betekent dat water op sommige plaatsen al nauwelijks beschikbaar was voor de plant. De planten op droge matten leven uitsluitend op de voeding in de gift. Figuur 8 laat zien dat de stikstofaanvoer naar de matten aan het begin veel te hoog was en leidde tot ophoping van nitraat in de matten. Aan het begin van de proef, werd de watergift achteraf gezien onterecht, verhoogd. De opname van de plant verhoogde niet direct na de toegenomen aanvoer, maar alleen wanneer de concentratie in de mat een bepaald niveau bereikte. Na verlaging van de aanvoer van nitraat tot onder de plantopname, nam de matvoorraad redelijk snel en goed voorspelbaar af.



Figuur 8 Hoeveelheid stikstof in de matten en dagelijkse hoeveelheid van stikstof aangevoerd en afgevoerd.

Tijdens de drie eerste weken volgde de variatie van de concentratie van nitraat in de matten de variatie in de aanvoer. Figuur 9 laat zien dat de concentratie in de matten meedaalde met de aanvoer. Het watergehalte in de matten daalde na week 3, daarom de relatieve stabiliteit van de concentratie. Aan het einde kon de plantopname meer dan de helft van de voorraad verbruiken, tot 40 mmol/m². De concentratie in de mat was niet langer een goede indicator toen het watergehalte onder de 30%v/v kwam. De laatste meting van de nitraatconcentratie werd dan ook verkregen door een 1:3 extractie. De nitraatconcentratie was nodig om de totale hoeveelheid in de mat te berekenen.

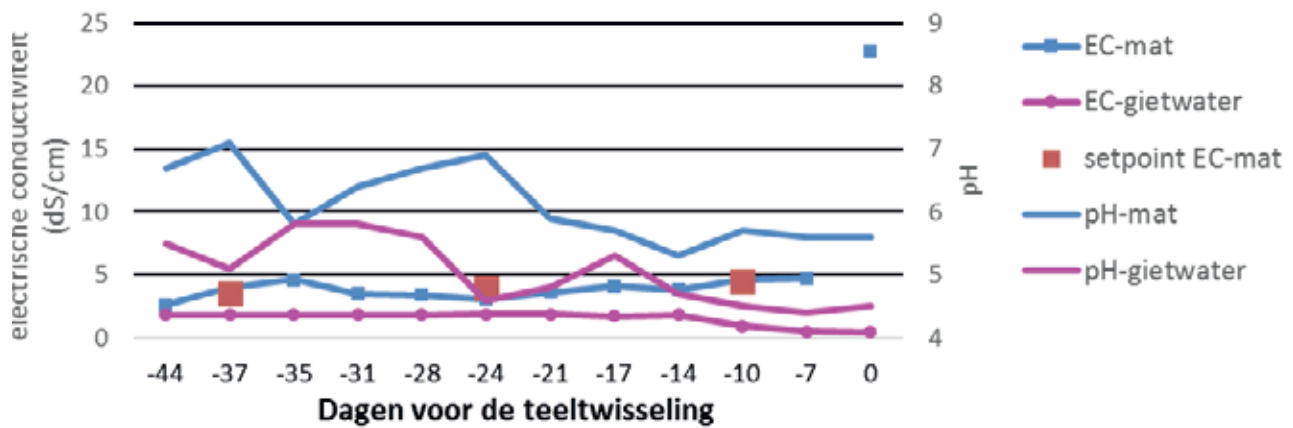


Figuur 9 Vergelijking tussen de hoeveelheid (y1) en de concentratie (y2) van stikstof in de matten.

De hoeveelheid stikstof in de drain wordt beïnvloed door twee instellingen, het volume van de gift, en de hoeveelheid in de matten. Van week 6 tot 3 is stikstof in de afvoer verlaagd van 19 naar 1 mmol/m², met een piek op 39 mmol/m² aan het einde van week 5. Na week 3 was er geen drain meer dus werd ook geen stikstof meer afgevoerd met het drainwater.

De verdunning van verse voedingsoplossing vertraagde de wijziging van de voeding in de gift water (zie 2.1.1). Aan het einde van de proef was de bijdrage van de geconcentreerde oplossing verdund in water verlaagd tot 0.5 dS/cm, maar het duurde 6 dagen voor de aangebrachte wijziging effectief werden, omdat maar 0.5 l/m²/dag werd gegeven.

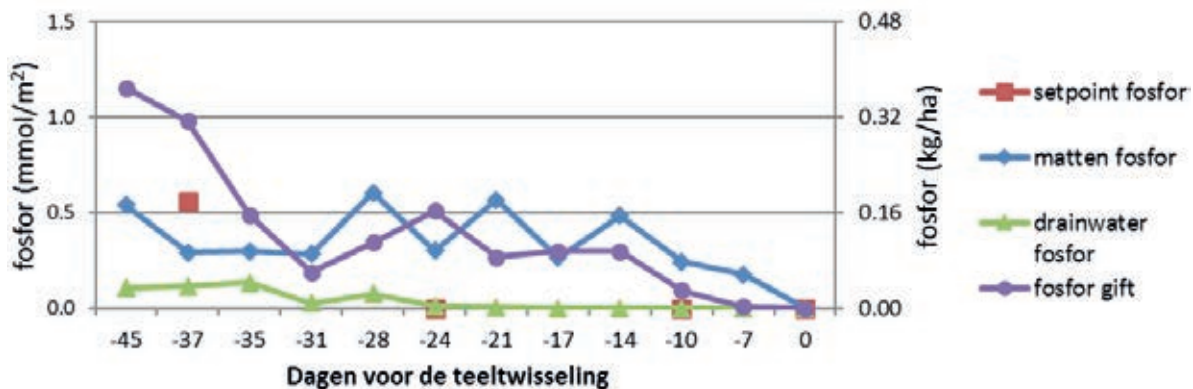
Figuur 10 laat zien dat de EC van het gietwater goed was geregeld, maar dat de hoeveelheid gietwater de EC in de matten ongewenst de eerste en tweede week verhoogde.



Figuur 10 Verloop van de EC en de pH in de matten en in het gietwater.

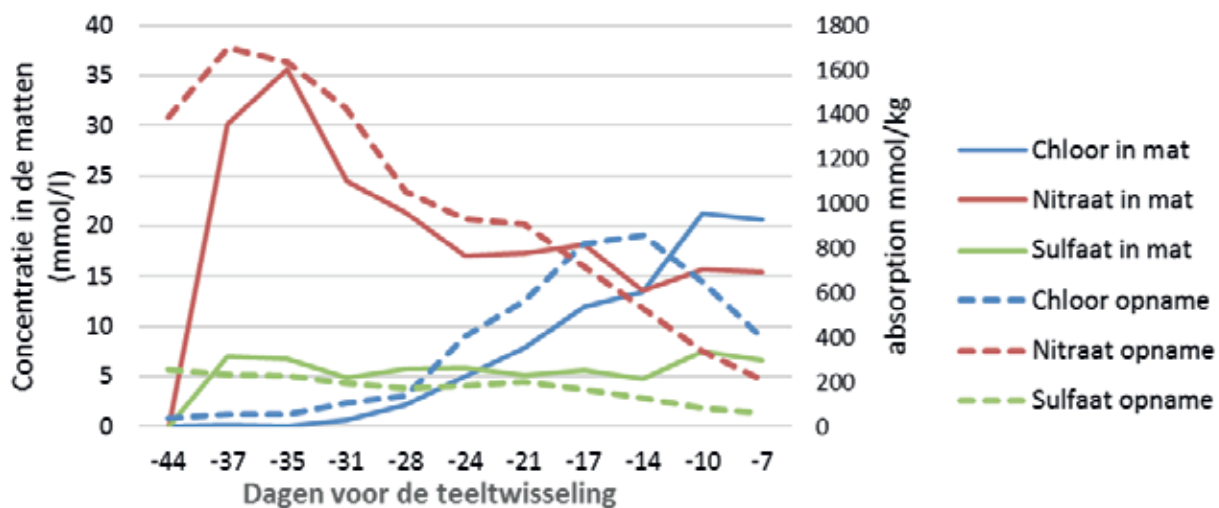
Figuur 11 toont het verloop van de fosfor hoeveelheid in de matten en de aanvoer naar en de afvoer uit de matten. De hoeveelheid fosfor in het gietwater werd vanaf het begin van de proef verminderd terwijl de plantopname nog steeds hoog was. Vervolgens werd de aanvoer van fosfaat van week 4 tot en met 2 hetzelfde gehouden om aan de plantopname te voldoen. Dit was tegen het oorspronkelijke plan in de strategie, maar nodig vanwege de hoge plant opname en de lage beschikbaarheid van fosfaat in de mat.

De verlaging van de pH in het gietwater begon pas in week 2 zichtbaar te worden. Hierdoor kwamen neergeslagenfosfaat en sporenelementen weer vrij en beschikbaar voor de planten. In de Weken 1 en 0 was de hoeveelheid fosfaat beneden de detectiegrens van de analyses, en werd de detectiegrens als de "gemeten" concentratie gebruikt.



Figuur 11 Hoeveelheid fosfor in de matten en dagelijkse hoeveelheid van aangevoerd en afgevoerd oplossing.

Figuur 12 toont dat de opname van nitraat en chloride met elkaar waren gecorreleerd, een afnemende benutting van nitraat werd gecompenseerd door een toenemende opname van chloride, zodat het evenwicht tussen de kationen en anionen gelijk bleef. De concentratie Cl^- in de matten beïnvloedde nauwelijks de opname van chloride, die werd veel meer beïnvloed door de totale kationenopname. Het risico van sulfaataccumulatie en daardoor het niet opnemen van andere anionen werd niet geconstateerd. De laatste week, verminderde de opname ook door het lage watergehalte. Bij watergehalte $<25\%$ waren de watestromen in de mat beperkt en nam ook daardoor de elementenopname af.



Figuur 12 Evolutie van de belangrijkste anion concentraties in de matten en hun relatieve opname door de plant

Met de gekozen strategie kon tot het einde van de teelt een normale productie worden gerealiseerd. Watertekort had de laatste vruchten, geproduceerd in week 1 zacht gemaakt, Deze vruchten waren echter nog te jong om te worden geoogst. Deze observatie toont aan dat de strategie tot op de laatste dag de kwaliteit van de oogst kan beïnvloeden.

4 Conclusies

1. De einde-teeltstrategie om de emissie van stikstof te verminderen was effectief, maar het begon verkeerd doordat te veel nitraat in de weken 5 en 4 was toegevoegd. De reden voor het overaanbod was:
 - De aangevoerde hoeveelheid met het gietwater was 15 mmol/l en dat was hoger dan de werkelijke gewasopname (5-10 mmol/l).
 - De hoeveelheid gietwater (3 ml/J/m²) was nog gebaseerd op een drainpercentage van meer dan 20%.

Het wordt aanbevolen de nitraat concentratie in het gietwater te beperken tot 10 mmol/l en de watergift te baseren op 2.5 ml/J/m². Het wordt ook aanbevolen om het watergehalte in de matten tot het einde van de teelt te handhaven op $\geq 30\%$ v/v zodat diffusie en massa transport van voedingsstoffen in de mat naar de wortel mogelijk blijven.

2. De einde-teeltstrategie om de emissie van fosfaat te verminderen was effectief. Het gehalte dat zou vrijkomen uit de matten door de verlaging van de pH werd overschat, maar de grote voorraad in mat, leidingen en drainopslag compenseerden dit.

Het wordt daarom geadviseerd dat de fosfaatconcentratie in het gietwater tot nul te reduceren vanaf 5 weken voor het einde van de teelt met voorwaarde dat de pH laag genoeg is geweest. In de laatste week is extra aandacht nodig om te zien of nog fosfaat gegeven moet worden.

3. De EC van het gietwater werd te langzaam verlaagd doordat de systeemvoorraad groter was als gedacht en het bijmengen van de nieuwe oplossing daardoor te klein was om snel invloed te hebben. Voor de praktijk betekend dit niet veel omdat het verbruik daar zoveel groter is dan de voorraden. Het wordt geadviseerd om EC van het gietwater te verlagen van 2,5 tot dS/m, via 2.0 tot 0,5 dS/m in de laatste week.

4. Aangezien het watergehalte in de matten te traag daalde door de grote systeemvoorraad moet hier bij wijzigingen goed op worden ingespeeld. In de praktijk zal dat per teler verschillen.

5. De ammonium/nitraat verhouding daalde in eerste instantie te weinig en in de laatste weken te sterk. De verlaging van de bicarbonaat concentratie in de analyses was een duidelijke indicatie van de snelheid van de verzuring in de matten. Toen de bicarbonaat concentratie 0.2 was is besloten om het ammonium tot 0 mmol/l in het gietwater te verlagen in week 1. Dit voorkomt dat pH onder 4.0 daalt.

Het wordt daarom aanbevolen om de ammonium concentratie in het gietwater tussen 1 en 2 mmol/l te handhaven vanaf week 3 tot week 0.

6. De strategie om nitraat door chloride te vervangen was succesvol. Een mat concentratie van 25 mmol Cl per liter lijkt de plant niet te schaden terwijl de kationenopname door de planten hoog bleef tot de laatste week.
7. De strategie om met een grotere gietbeurt te beginnen, is niet doorgezet. Achteraf bleek de aanpak toch effectief. .

Het wordt geadviseerd dat de eerste gietbeurt wordt ingesteld op 2-3 keer het normale giftvolume, om de accumulatie van niet door de plant opgenomen voedingszouten weg te spoelen.

Tabel 5 en Tabel 6 vatten de adviezen uit de conclusies samen. Ze geven een teeltwisselstrategie voor een paprikateelt. De setpoints zijn richtlijnen voor telers of adviseurs.

Tabel 5

Overzicht van de aanbevolen setpoints voor de samenstelling in de matten.

		week -5	week -3	week -1	week 0
Nitraat	mmol/m ²	120	45	15	0*
Nitraat	mmol/l	20	10	5	?*
Fosfaat	mmol/l	0.1	0.1	0.1	0
EC	dS/m	3.5	3.5	4	-
Watergehalte	%v/v	80	60	40	30
Watergehalte	m ³ /ha	60	45	30	22.5

* Voor de laatste week: als het watergehalte in de matten te laag is, is het beter dan om de hoeveelheid (mmol/m²) nitraat in de matten te bepalen door extractie (uitwassen in een bekend volume).

Tabel 6

Overzicht van de aanbevolen concentraties in het gietwater.

		week -5	week -3	week -1	week 0
Nitraat	mmol/l	10	5	5	1.0
Fosfaat*	pH _{mat} < 6.5 mmol/l	0.1	0.1	0	0
	pH _{mat} > 6.5	1	0.5	0	0
EC	dS/m	2.0	2.0	1.0	0.5
Gietwater	ml/J*	2.5	1.5	0.5	0.5**
Ammonium	mmol/l	1.5	1.0	1.0	1.0
NH ₄ -N/NO ₃ -N	%	10	20	20	100

* De fosfaatconcentratie moet aangepast worden aan het pH niveau. Bij pH boven 6.5 slaat fosfaat in de mat neer en moet de fosfaatgift verhoogd worden.

** Tot het einde is water gegeven om de nutriënten in de mat in oplossing en beschikbaar te houden, Als het watergehalte onder 30% v/v daalt kunnen de nutriënten niet meer naar de wortels stromen of diffunderen en kan de aanwezige voorraad niet worden opgenomen.

Literatuur

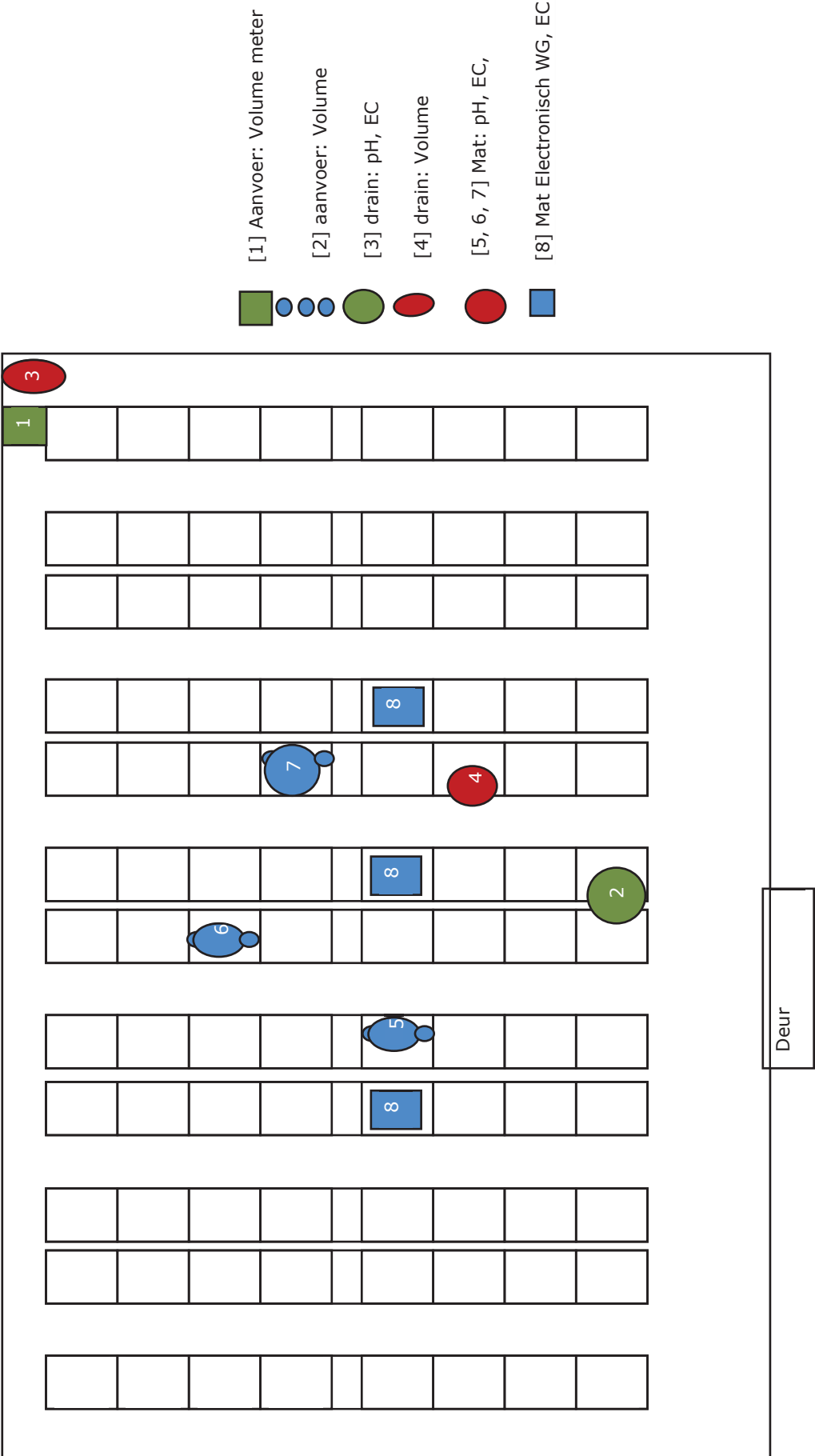
Erik van Os, Jim van Ruijven, Marieke van der Staaij, Jan Janse, Chris Blok, Ellen Beerling, Rinus Faasse, Cees de Haan, Ruud Kaarsemaker, Andrew Lee, Eelke Hempenius, Wim Roosen, Gerben de Jong and B. v. d. Lugt (2016).

"Water Efficiënte Emissieloze Kas: Resultaten Paprika 2015." poster 50 (WaterEvent 06 Oktober 2016).

Van Os, E.A. , J. van Ruijven., J. Janse.,E. Beerling, M. van der Staaij M, R. Kaarsemaker, 2016.

Vergelijking Tussen Gangbaar En Emissieloos Teeltsysteem. Bleiswijk, GTB rapport 1406, 64 pp.

Bijlage 1 Plattegrond van de kas en plaats van de metingen



Bijlage 2 Data van de nutriëntenanalyse in de matten

Week	Date	EC	pH	NH ₄ ⁺	K ⁺	Na ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Si	NO ₃ ⁻	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	HCO ₃ ⁻	PO ₄ ³⁻	Fe	Mn	Zn	B	Cu	Mo
mS/cm				mmol/l				µmol/l												
WK6	9/6/16	2.6	6.7	0.1	0.4	6.5	8.0	3.3	1.1	18.4	0.1	4.7	0.9	0.09	9.2	4.2	3.0	259	0.4	1.7
WK5	9/13/16	4.0	7.1	0.1	0.6	9.0	12.3	5.4	1.6	30.1	0.2	7.0	0.5	0.1	21.5	5.5	6.5	387	0.5	1.4
WK5	9/15/16	4.6	5.8	0.1	4.9	8.5	12.5	5.3	1.6	35.6	0.1	6.7	0.2	0.1	27.7	9.1	9.7	361	0.5	0.6
WK4	9/19/16	3.5	6.4	0.1	4.2	6.8	8.8	3.5	1.3	24.5	0.7	4.9	0.3	0.1	37.3	13.6	15.4	279	0.9	0.5
WK4	9/22/16	3.4	6.7	0.1	4.9	7.0	8.4	3.4	1.4	21.4	2.1	5.7	0.3	0.1	29.3	15.0	17.5	262	0.7	1.2
WK3	9/26/16	3.1	6.9	0.1	3.2	7.2	8.1	3.5	1.4	17.0	5.0	5.9	0.3	0.1	22.9	11.0	10.7	257	0.4	1.1
WK3	9/29/16	3.6	5.9	0.1	7.0	6.2	7.7	2.8	1.3	17.3	7.9	5.1	0.1	0.1	46.6	19.2	19.1	186	1.4	0.2
WK2	10/3/16	4.1	5.7	0.1	7.5	7.4	9.4	3.1	1.5	18.1	12.0	5.6	0.1	0.1	38.1	17.7	13.3	190	0.2	0.2
WK2	10/6/16	3.8	5.3	0.1	6.6	6.3	9.4	2.8	1.6	13.5	13.4	4.7	0.1	0.1	68.9	23.7	21.6	171	0.6	0.3
WK1	10/10/16	4.6	5.7	0.1	5.9	8.1	14.1	4.3	1.9	15.6	21.2	7.5	0.1	0.1	64.8	30.4	23.6	199	0.5	0.5
WK1	10/13/16	4.7	5.6	0.1	5.5	9.1	13.2	3.9	2.0	15.4	20.6	6.6	0.1	0.1	78.2	28.1	26.9	200	0.8	0.6
WK0	10/20/16	22.7	5.6	5.0	63.0	35.3	27.7	10.1	2.5	35.3	60.5	30.2	32.8	0.0	134	262	229	857	18	2.5

Bijlage 3 Gietwater nutriënten analyses

Week	Date	EC	pH	mmol/l				μmol/l												
				NH ₄ ⁺	K ⁺	Na ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Si	NO ₃ ⁻	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	HCO ₃ ⁻	PO ₄ ³⁻	Fe	Mn	Zn	B	Cu	Mo
WK6	9/5/16	1.8	5.5	0.3	2.4	3.0	4.6	2.0	0.5	12.2	0.2	2.6	0.1	0.4	10.8	4.8	4.3	141.0	0.5	0.9
WK5	9/13/16	1.8	5.8	0.9	5.0	1.9	3.1	1.4	0.3	12.3	0.2	2.1	0.1	0.1	23.1	7.1	7.3	106.0	0.8	0.7
WK5	9/15/16	1.8	5.8	0.4	3.6	2.4	3.5	1.4	0.4	10.9	0.9	2.0	0.1	0.1	11.4	3.8	5.2	103.0	0.5	0.4
WK4	9/19/16	1.8	5.6	0.4	4.4	2.4	3.3	1.4	0.4	10.5	1.1	2.2	0.1	0.2	13.5	4.4	5.9	103.0	0.5	0.4
WK4	9/22/16	1.9	4.6	0.8	5.9	1.5	3.1	1.0	0.3	7.8	4.8	2.0	0.1	0.3	18.3	6.9	7.1	77.0	0.8	0.5
WK3	9/26/16	1.9	4.8	0.9	5.7	1.4	2.8	0.9	0.3	7.5	4.6	2.0	0.1	0.3	19.3	7.1	7.7	67.0	0.9	0.5
WK3	9/29/16	1.7	5.3	2.3	4.6	0.7	2.9	0.5	0.1	5.0	7.1	1.2	0.1	0.2	30.4	6.6	11.1	35.0	1.2	0.5
WK2	10/3/16	1.8	4.7	2.0	4.8	0.3	3.1	0.4	0.1	3.6	8.9	1.0	0.1	0.2	37.5	7.7	13.1	23.0	1.5	0.5
WK2	10/6/16	0.9	4.5	0.5	2.2	0.6	1.7	0.4	0.1	2.8	3.1	0.8	0.1	0.2	16.0	3.3	5.5	28.0	0.6	0.3
WK1	10/10/16	0.5	4.4	0.2	1.3	0.4	0.9	0.2	0.1	1.4	1.6	0.4	0.1	0.1	7.5	1.5	2.8	17.0	0.3	0.1
WK1	10/13/16	0.5	4.5	0.1	2.0	0.2	0.3	0.1	<0.1	0.6	2.3	0.2	0.0	0.0	16.1	2.6	3.2	10.0	0.6	0.1
WK0	10/20/16	1.8	5.8	0.9	5.0	1.9	3.1	1.4	0.3	12.3	0.2	2.1	0.1	0.1	23.1	7.1	7.3	106.0	0.8	0.7

Bijlage 4 Nutriënten in drainwater

Week	Date	EC	pH	mmol/l										μmol/l									
				NH ₄ ⁺	K ⁺	Na ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Si	NO ₃ ⁻	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	HCO ₃ ⁻	PO ₄ ³⁻	Fe	Mn	Zn	B	Cu	Mo			
WK6	9/5/16	3.0	7.4	0.1	0.7	6.9	8.1	3.4	1.0	20.5	0.1	5.1	0.7	0.1	10.5	1.4	2.9	268.0	0.3	1.6			
WK5	9/13/16	3.4	7.3	0.1	1.3	8.0	10.5	4.8	1.4	24.7	0.2	6.4	0.6	0.2	12.7	1.9	3.9	329.0	0.3	1.4			
WK5	9/15/16	3.9	6.4	0.1	5.1	6.8	9.5	4.2	1.1	29.5	0.1	5.3	0.2	0.1	18.1	5.7	8.2	304.0	0.5	0.9			
WK4	9/19/16	4.0	6.9	0.1	5.6	7.8	10.3	4.2	1.2	28.9	0.6	5.7	0.3	0.1	22.4	6.3	8.7	342.0	0.5	0.9			
WK4	9/22/16	3.5	6.9	0.1	4.9	7.1	8.8	3.7	1.2	23.4	1.4	5.4	0.4	0.1	21.0	5.3	7.1	264.0	0.3	0.9			
WK3	9/26/16	3.3	7.1	0.1	4.5	6.7	7.9	3.3	1.2	19.3	4.9	5.1	0.3	0.1	20.0	5.6	6.9	273.0	0.3	0.7			
WK3	9/29/16	3.3	6.6	0.1	5.3	5.9	7.4	2.8	1.2	16.2	6.8	4.8	0.2	0.1	20.1	6.5	7.6	203.0	0.3	0.5			
WK2	10/3/16	3.3	6.5	0.1	5.9	6.1	7.6	2.8	1.2	15.2	8.0	4.9	0.2	0.1	18.9	6.5	6.6	191.0	0.2	0.4			
WK2	10/6/16	3.6	5.9	0.1	6.6	5.5	8.4	2.9	1.3	14.9	10.8	4.6	0.1	0.2	26.0	11.3	13.9	176.0	0.3	0.3			
WK1	10/10/16	3.6	5.9	0.1	6.5	5.4	8.3	2.7	1.5	13.9	11.6	4.7	0.2	0.2	28.1	12.7	13.2	197.0	0.3	0.2			
WK1	10/13/16	3.6	6.1	0.1	6.5	5.4	8.1	2.5	1.3	14.0	11.7	4.2	0.2	0.2	23.4	11.1	10.8	174.0	0.3	0.1			
WK0	10/20/16	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0			

Bijlage 5 EC en vochtmeting in de matten

Week	Datum	Volume			EC	
-	-	%v/v		l/m ²	dS/cm	
		setpoint	meting		setpoint	meting
WK6		80	79	5.9		2.6
WK5	9/12/16		72	5.4		3.8
WK5	9/13/16	75	78	5.9	3.5	4.1
WK5	9/15/16		80	6.0		4.7
WK4	9/19/16	70	76	5.7		3.5
WK4	9/22/16		81	6.1		3.5
WK3	9/26/16	60	81	6.1	4.0	3.2
WK3	9/29/16		76	5.7		3.6
WK2	10/3/16	45	71	5.3		4.2
WK2	10/6/16		65	4.9		3.7
WK1	10/10/16	30	66	4.9	4.5	4.4
WK1	10/13/16		47	3.6		4.5
WK0	10/20/16	25	23	1.7	-	8

To explore
the potential
of nature to
improve the
quality of life



Wageningen University & Research,
BU Glastuinbouw
Postbus 20
2665 ZG Bleiswijk
Violierenweg 1
2665 MV Bleiswijk
T +31 (0)317 48 56 06
F +31 (0) 10 522 51 93
www.wageningenur.nl/glastuinbouw

Glastuinbouw Rapport GTB-1429

Wageningen University & Research, BU Glastuinbouw initieert en stimuleert de ontwikkeling van innovaties gericht op een duurzame glastuinbouw en de kwaliteit van leven. Dat doen wij door toepassingsgericht onderzoek, samen met partners uit de glastuinbouw, toeleverende industrie, veredeling, wetenschap en de overheid.

De missie van Wageningen University & Research is 'To explore the potential of nature to improve the quality of life'. Binnen WUR bundelen 9 gespecialiseerde onderzoeksinstituten van stichting DLO en WUR hun krachten om bij te dragen aan de oplossing van belangrijke vragen in het domein van gezonde voeding en leefomgeving. Met ongeveer 30 vestigingen, 6.000 medewerkers en 9.000 studenten behoort WUR wereldwijd tot de aansprekende kennisinstellingen binnen haar domein. De integrale benadering van de vraagstukken en de samenwerking tussen verschillende disciplines vormen het hart van de unieke Wageningen aanpak.