



Voorkomen en Bestrijden Emissies Kasteelten

Fase I: 2017

Ellen Beerling¹, Chris Blok¹, Emile Cornelissen², Barbara Eveleens-Clark¹, Jorge Gozales¹, Danny Harmsen², Nienke Koeman², Romain Leyh¹, Erik van Os¹, Luc Palmen², Els van der Roest², Jim van Ruijven¹, Ineke Stijger¹ en Wim Voogt¹

Rapport WPR-748

¹ Wageningen University & Research, ² KWR

Referaat

In dit tweejarige project zijn openliggende kennisvragen opgepakt om de laatste stappen naar de gewenste nul-emissie bij substraatteelten mogelijk te maken. In 2017 zijn de volgende vragen onderzocht:

- Voor waterstromen die sterk afwijken van gangbaar lozingswater, is de samenstelling geanalyseerd en zijn mogelijkheden tot hergebruik dan wel zuivering verkend. Tevens is onderzocht hoe bedrijven in de praktijk omgaan met deze waterstromen. Voor waterstromen die bij de teeltwisseling vrijkomen is een werkwijze ontwikkeld; in 2018 komen best practices beschikbaar voor de andere waterstromen.
- De toepassing van Forward Osmosis in de tuinbouw is onderzocht. Voor het indikken van de spuiwaterstroom biedt Forward Osmosis met als trekvloeistof een geconcentreerde nutriëntenoplossing perspectief, voor het onttrekken van gietwater uit brak grondwater minder. In 2018 volgt een pilot proef en optimalisatie van de scenario's.
- De Na-normen voor paprika zijn geherinterpreteerd met een duurproef, waarbij bleek dat een verhoging van Na-norm voor paprika tot 8-10 mmol/l veilig kan. Daarnaast is aangetoond dat de restgoot-methode (gescheiden wortelsysteem) gebruikt kan worden om extra Na op te nemen zonder negatieve gevolgen voor groei. In 2018 wordt deze methode op semi-praktijkschaal getest. Ook het toedienen van humaat kan de negatieve gevolgen van een hoog natrium teniet doen (Chinese kool).
- Tenslotte is er inzicht verkregen in de risico's bij het gebruik van chloorhoudende reinigingsmiddelen in emissieloze teelten.

Abstract

In this project, solutions are developed to minimise leaching of nutrients and pesticides from greenhouses to the environment (esp. surface water), in order to comply with legislation and societal demands. In 2017 the following questions have been addressed:

- To prevent emission, drain solutions are reused or purified. Other water flows may deviate in composition and possibilities for reuse or purification. The option for reuse or purification for these water flows has been investigated, and a working methodology for the end of a cultivation (e.g. cleaning) has been developed.
- Applications of Forward Osmosis in horticulture have been investigated. Water extracted from the discharge flow with Forward Osmosis using the concentrated nutrient solution holds prospects, but extracting irrigation water from brackish groundwater seems less feasible.
- In a long-term experiment, sodium (Na) standards for sweet pepper have been reinterpreted. It was shown that an increase in the Na standard up to 8-10 mmol/l causes no damage or loss in pepper production. In addition, it was shown that the split-root system can be used for uptake of extra Na without growth hampering. Furthermore, applying humate can prevent negative sodium effects at high sodium levels (Chinese cabbage).
- Finally, insight was gained into the risks associated with the use of chlorinated cleaning products in zero-discharge cultivations.

Dit project is mede tot stand gekomen door de bijdrage van de Topsector Tuinbouw & Uitgangsmateriaal, TKI Watertechnologie, Stichting Programmafonds Glastuinbouw, Gewascoöperatie Gerbera U.A., Verhoeve Milieu & Water, WaterQ B.V., Priva B.V., Blue-tec B.V., Humintech GmbH, Elektravon-Haket B.V. en Yara Vlaardingse B.V.

Rapportgegevens

Rapport WPR-748

PG nummer: W17002

Projectnummer: 3742235300

DOI nummer: 10.18174/441981

Disclaimer

© 2018 Wageningen, Stichting Wageningen Research, Wageningen Plant Research, Business unit Glastuinbouw, Postbus 20, 2665 MV Bleiswijk T 0317 48 56 06, www.wur.nl/plant-research.

Kamer van Koophandel nr.: 09098104

BTW nr.: NL 8113.83.696.B07

Stichting Wageningen Research. Alle rechten voorbehouden. Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd, 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 Stichting Wageningen Research.

Stichting Wageningen Research 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

Inhoud

	Samenvatting	5
1	Inleiding	9
	1.1 Aanleiding	9
	1.2 Onderzoek tot nu toe en kennisvragen	9
	1.3 Doel	10
2	Werkpakket 1: Optimaal beheer waterstromen	11
	2.1 Inleiding	11
	2.2 Aanpak	12
	2.3 Resultaten en discussie	12
	2.3.1 Inventarisatie andere waterstromen	12
	2.3.2 Inventarisatie waterkwaliteitsparameters	13
	2.3.3 Inventarisatie omgang met waterstromen en gebruikte reinigingsproducten tijdens teeltwisseling	13
	2.3.4 Inventarisatie samenstelling waterstromen tijdens teeltwisseling door bemonsteringen op geïnventariseerde waterkwaliteitsparameters bij telers	14
	2.4 Conclusies	14
3	Werkpakket 2: Toepassing Forward Osmosis in de tuinbouw	15
	3.1 Inleiding	15
	3.2 Aanpak	16
	3.3 Resultaten en discussie	17
	3.3.1 Inventarisatie waterstromen	17
	3.3.2 Modelleren van FO voor de glastuinbouw	19
	3.3.3 Forward Osmose experimenten	22
	3.3.3.1 Waterflux	23
	3.3.3.2 Zouttransport	24
	3.3.3.3 Gebruik andere oplossing	26
	3.3.3.4 Schoonwater flux	26
	3.4 Conclusies en verder onderzoek	27
4	Werkpakket 3: Telen met toelating hoger natrium	29
	4.1 Inleiding	29
	4.1.1 Herinterpretatie van drempelwaarden waarboven schade optreedt (Na normen)	29
	4.1.2 Restgoot-methode	29
	4.1.3 Toevoeging van humaten	30
	4.2 Aanpak	31
	4.2.1 Verhoging Natrium bij paprika	31
	4.2.2 Natrium opname bij een gescheiden wortelsysteem	31
	4.2.3 Toevoegingen van humaten	31
	4.3 Resultaten en discussie	31
	4.3.1 Verhoging natrium bij paprika	31
	4.3.2 Na opname bij gescheiden wortelsysteem	32
	4.3.3 Toevoegingen van humaten	33
	4.4 Conclusies	35

5	Werkpakket 4: Effect chloorhoudende reinigingsmiddelen op kwaliteit gietwater	37
5.1	Aanpak	38
5.2	Resultaten en discussie	38
5.2.1	Enquête	38
5.2.2	Labproeven	38
5.2.3	Kasproef	39
5.3	Conclusies	39
	Literatuur	41
	Bijlage 1 Vragenlijst	43
	Bijlage 2 Werkwijze voorkomen emissies substraatteelten	45

Samenvatting

Teelten onder glas hebben vanaf 2018 een verplichting om lozingswater dat gewasbeschermings-middelen bevat te zuiveren. Daarnaast heeft de glastuinbouwsector met de overheid afgesproken naar een (nagenoeg) nul-emissie voor nutriënten en gewasbeschermingsmiddelen in 2027 toe te werken. Beide zijn noodzakelijk om de waterkwaliteit in tuinbouwgebieden drastisch te verbeteren. Het onderzoek heeft in samenwerking met de sector de afgelopen jaren diverse oplossingen ontwikkeld om lozingen te voorkomen en er zijn zuiveringsstrategieën ontwikkeld voor als er toch geloosd moet worden. In dit project zijn in vier werkpakketten openliggende kennisvragen opgepakt om de laatste stappen naar de gewenste nul-emissie bij substraatteelten mogelijk te maken.

Werkpakket 1: Optimaal beheer waterstromen

Op het gebied van zuivering van reststromen liggen er vragen rond de effectieve zuivering van waterstromen die qua samenstelling en volume sterk afwijken van gangbaar lozingswater (drain). Deze waterstromen zijn als volgt geïnventariseerd en geprioriteerd: 1) waterstromen bij reinigingsprocessen tijdens teeltwisseling (irrigatieleidingen, teeltgoten, binnenzijde kasdek, siloslib), 2) drainwater in teelten op andere substraten (bv kokos), 3) filterspoelwater, 4) drainagewater grondgebonden teelt en onderbemalingswater substraatteelt, en 5) proceswater (bv fust-reiniging, voorbehandelingswater sierteelt, transportwater). Van deze waterstromen zijn de relevante waterkwaliteitsparameters vastgesteld aan de hand waarvan de samenstelling is onderzocht bij een aantal glastuinbouwbedrijven. Vervolgens is onderzocht wat de mogelijkheden zijn voor hergebruik in de teelt (al dan niet na een bewerking) of zuivering voor lozing.

Er is geïnventariseerd hoe glastuinbouwbedrijven met de genoemde waterstromen omgaan en welke reinigingsproducten tijdens de teeltwisseling worden gebruikt. Hieruit blijkt onder andere dat er middelen toegepast worden die moeilijk opnieuw te gebruiken zijn in de teelt (bijvoorbeeld fluor voor reinigen binnenzijde kasdek). Andere telers die dezelfde handeling uitvoeren gebruiken andere producten met eenzelfde reinigingsresultaat maar waardoor hergebruik in teelt beter mogelijk is. In het vervolg van het project (2018) worden de best practices rond de teeltwisseling uitgewerkt en wordt onderzocht hoe het beste met deze waterstromen kan worden omgegaan.

Naast de bovengenoemde waterstromen zijn er rond de teeltwisseling ook nog een aantal momenten dat een teler drainwater loost. Dit water valt onder de reguliere zuiveringsplicht, maar verdient extra aandacht. Specifiek voor dit moment in de teelt is een leaflet gemaakt: 'Werkwijze voorkomen emissies teeltwisseling substraatteelt' (te vinden op www.glastuinbouwwaterproof.nl).

Werkpakket 2: Toepassing Forward Osmosis in de tuinbouw

Doel van dit werkpakket is de toepassing van forward osmosis (FO) in de tuinbouw te onderzoeken. Centraal staat de vraag of het mogelijk is de voedingsoplossing de trekvloestof voor de FO te laten zijn. Er zijn twee toepassingsmogelijkheden onderzocht: scenario 1) het indikken van de spuiwaterstroom, om zo nieuwe mogelijkheden voor verdere verwerking te creëren, en scenario 2) het onttrekken van goed gietwater uit oppervlaktewater of grondwater.

De geschiktheid van de beoogde waterstromen zijn onderzocht op samenstelling en volume. Hieruit blijkt onder andere dat het niet haalbaar is dat het recirculatiewater de trekvloestof voor de FO is, maar dat de geconcentreerde voedingsoplossing (A en B bak) wel perspectief biedt. De potentie van FO voor de glastuinbouw voor beide toepassingsmogelijkheden is in eerste instantie onderzocht aan de hand van modelstudies. Hieruit is gebleken dat het proces op zich mogelijk is, maar dat niet alle doelen volledig behaald kunnen worden (bijvoorbeeld onvoldoende hoge recovery). Er zijn ongeveer 18 of 12 FO elementen nodig voor het indikken van 3,4 m³/h drainwater met 0,4 m³/h geconcentreerde nutriëntoplossing (tomaat) in scenario 1 voor respectievelijk meestroom- en tegenstroomschakeling van de FO elementen. Voor scenario 2 waarin schoonwater wordt onttrokken uit 17 m³/h brak grondwater met dezelfde nutriëntoplossing wordt slechts een zeer geringe indikking berekend waarvoor zeer veel FO elementen nodig zijn. Optimalisatie van de gekozen scenario's kan tot een positiever resultaat leiden, bijvoorbeeld door rekening te houden met het beschikbaar regenwater in scenario 2, waardoor niet alle gietwater door de FO hoeft te worden gegenereerd en deze daardoor minder FO elementen nodig heeft.

In aansluiting op de modelstudies zijn in laboratoriumproeven (U-buis test) de waterflux en zoutflux bepaald bij een nieuw commercieel beschikbaar FO-membraan. De experimenten laten zien dat met het gebruikte membraan een hoge waterflux kan worden behaald. Er wordt echter ook een verlies van nutriënten gezien. Wanneer geen demi-water maar een zoutere oplossing, zoals zout grondwater, als feed-oplossing wordt gebruikt, treedt er zelfs extra verlies van kalium en ammonium op.

In het vervolgonderzoek (2018) worden de modelstudies voortgezet waarbij onder andere invloed van vervuiling, effect van de complexe samenstelling van de trekvlloeistof en het effect van andere FO membranen wordt onderzocht. Ook wordt gewerkt aan optimalisatie van de scenario's en van de trekvlloeistof, en zal een duurproef op pilotschaal worden uitgevoerd.

Werkpakket 3: Telen met toelating hoger natrium

Natrium (Na) ophoping leidt uiteindelijk tot groeiremming of problemen met vruchtkwaliteit. Een te hoog natriumgehalte in het recirculatiewater (of angst daarvoor) is de belangrijkste oorzaak van spui. Ondanks de vele onderzoeken in het verleden is in de praktijk onvoldoende bekend bij welke gehalten problemen ontstaan. Hierdoor worden in praktijk ruime veiligheidsmarges aangehouden met als resultaat meer lozingen dan noodzakelijk. Doel van dit werkpakket is de hoeveelheid lozingen terug te brengen door: 1) Meer kennis van de werkelijke Na-schadedrempels en hier teeltervaring mee opdoen, en inzicht in de mogelijkheid om door middel van aangepaste K-Ca-Mg verhoudingen de Na-gevoeligheid te beïnvloeden; 3) Ontwikkelen van de restgootmethode en inzicht verkrijgen in de mogelijkheid spuiwater te concentreren door te telen met gescheiden wortelsystemen; 4) Inzicht over of, en in welke mate de natriumtolerantie van een gewas met humaten kan worden beïnvloed.

1. Herinterpretatie van de Na-schade drempelwaarden

De normen voor natrium in het wortelmilieu zijn afgeleid van onderzoeksresultaten uit 1980-1990 en hebben ruime veiligheidsmarges. Door deze normen te herinterpreteren en bovendien te extrapoleren naar huidige teeltwijzen (inclusief de beoordeling van de waterkwaliteit in de praktijk) is er een mogelijkheid om de hoeveelheid spui te verminderen. Er is gedurende 7 maanden een experiment uitgevoerd met paprika op steenwol met in verschillende proefvakken verschillende Na concentraties (bij 2 normale en 2 lage K/Ca verhoudingen). De productie en groei werden niet negatief beïnvloed door de Na trappen. Ook was er niet meer neusrot, ondanks lage K/Ca verhouding. Het effect van de K/Ca verhouding om de eventueel nadelige invloed van Na op te heffen kon daardoor niet goed worden nagegaan, maar bleek ook niet negatief. Paprika lijkt minder gevoelig te zijn voor Na dan tot nu toe in de praktijk wordt aangenomen. In de proef werd tot 10 mmol/l aan Na geen schade gezien; verhoging van de Na norm voor paprika van 6 mmol/l tot 8 mmol/l lijkt daarom veilig te kunnen. Wellicht is 10 mmol/l ook wel haalbaar. De resultaten behaald bij paprika kunnen niet zonder meer vertaald worden naar andere gewassen. In 2018 zal vervolgonderzoek worden gedaan met tomaat, waarbij met nog hogere Na concentraties zal worden gewerkt.

2. Restgoot-methode

Met de restgoot-methode wordt getracht de Na-opname en opslag in oude bladeren, waar het geen schade oplevert, te stimuleren. In de restgoot-methode wordt geteeld met een gescheiden wortelsysteem, waarbij de helft van de wortels in de ene goot normale voeding krijgt, en de andere helft van de wortels in de 'restgoot' verdund het te lozen drainwater (met hoog Na) krijgt aangeboden. De hypothese is dat hierdoor het 'spuiwater' langer gebruikt kan worden en kan worden uitgeput, waardoor er minder of niet hoeft te worden geloosd. Er zijn twee proeven met gescheiden wortelsystemen uitgevoerd (6 weken komkommer, 14 weken tomaat). Hieruit blijkt dat groei en productie niet negatief wordt beïnvloed door uiteenlopende Na concentraties in het wortelstelsel en planten in staat blijken te zijn om fors extra Na op te nemen bij een gescheiden aanbod van nutriënten en Na. Het proof of principle van de restgootmethode lijkt te kunnen werken, maar zal in doorontwikkeld moeten worden en getest met een teeltsysteem op semi-praktijkschaal.

3. Toevoeging van humaten

In praktijk wordt gesproken over een hogere tolerantie van gewassen voor natrium bij het gebruik van humaten. Een mogelijke verklaring is dat humaten met gebonden kalium (K) de natriumstress van de plant kan verlagen door K (aan de humaten) en Na (in wortelmilieu of plant) uit te wisselen. Om dit nader te onderzoeken zijn er met Chinese kool groeitests uitgevoerd, waarbij natriumgehalten in de voedingsoplossing varieerde en er al dan geen humaat (POW humus) werd toegevoegd. Met deze proeven werd aangetoond dat het toedienen van humaat aan Chinese kool geteeld bij een natriumgehalte van 10 mmol/l, de productie (versgewicht-opbrengst) verhoogt tot bijna het niveau zonder natrium toevoeging. Het vervolgonderzoek in 2018 zal gericht zijn op het beter begrijpen waarom humaat verlichting biedt bij natriumstress, na te gaan tot welke natriumgehalten het gunstige effect van humaat blijft bestaan, en na te gaan hoeveel groeiherstel door humaat is te verwachten bij verschillende natrium niveaus.

Werkpakket 4: Effect chloorhoudende ontsmettingsmiddelen op kwaliteit gietwater

Uit inleidende gesprekken met telers en voorlichters blijkt dat deze producten eigenlijk nauwelijks voor ontsmetting worden gebruikt, maar vooral voor reinigen van het leidingwerk en het voorkomen van de aangroei van een biofilm in de leidingen. Men is bang dat het continue gebruik van producten tot ophoping zou leiden waarbij mogelijk schade aan de planten kan optreden. In dit onderzoek wordt ingezoomd op chloorhoudende producten en waterstofperoxide, waarbij gerbera als pilotgewas is gekozen. Telers hebben nog zeer veel kennisvragen over de gevolgen van diverse chloortoepassingen voor de teelt bij (langdurig) recirculeren: 1) Leiden de in de praktijk gebruikte concentraties tot ophoping van stoffen die toxisch zijn voor de plant? 2) Is er een neveneffect van de producten tegen (veel voorkomende) pathogenen?

Er is gestart met een enquête onder een aantal geïnteresseerde telers die o.a. chloorproducten gebruiken of hebben gebruikt. Hierin zijn vragen opgenomen om de huidige praktijksituaties van ontsmetting in kaart te brengen. Op basis hiervan zijn labproeven ingezet met een veel voorkomend pathogeen en drie producten (chloorbleekloog, chloordioxide en waterstofperoxide) die het meest genoemd werden in de enquête. Hierbij is het product in verschillende concentraties aan een levende schimmel (*Fusarium*) op een petrischaal toegediend. Deze proeven geven een indicatief beeld van de concentraties waarbij een neveneffect tegen een pathogeen is te verwachten. Het huidig gebruik van reinigingsmiddelen gebeurt bij veel lagere concentraties dan wanneer doding van pathogenen lijkt op te treden.

In aansluiting op de labproeven is een kasproef uitgevoerd met jonge gerberaplanten en deels geïnfecteerd met *Fusarium*. Hierin zijn 2 producten (chloordioxide en waterstofperoxide met zilverstabilisator) in 5 concentraties toegepast om te zien of ophoping van bepaalde stoffen gaat plaatsvinden. Deze proef loopt nog tot eind januari 2018. De eerste resultaten zijn bemoedigend: voor het eerst krijgen we inzicht in deze producten onder vergelijkbare omstandigheden. In vervolgonderzoek (2018) zullen in kasproeven andere middelen getest worden.

1 Inleiding

1.1 Aanleiding

Naar aanleiding van de Europese Kaderrichtlijn Water (KRW) heeft de overheid met de glastuinbouwsector afgesproken naar een (nagenoeg) nul-emissie voor nutriënten en gewasbeschermingsmiddelen (GBM) in 2027 toe te werken. Hiervoor zijn sinds 2013 stikstof-emissienormen (substraatteelten) en verbruiksnormen (grondgebonden teelten) afgesproken, waarmee in principe ook de emissies van GBM worden teruggedrongen. Voor GBM is echter een snellere afname van het aantal overschrijdingen van de waterkwaliteitsnormen noodzakelijk (in 2018 75% en in 2023 99,7% minder emissies; Tweede nota duurzame gewasbescherming, 2013). Dit is niet alleen een voorwaarde om verdere inkrimping van het middelenpakket te voorkomen, maar ook om maatschappelijk draagvlak voor kasteelten en hun 'license to operate' te behouden.

In 2016 volgde hieruit dat overheid en sector overeenkwamen dat alle tuinbouwbedrijven met teelt(en) onder glas die drain- of drainagewater lozen, verplicht worden zuiveringstechniek toe te passen per 2018 waarmee de GBM voor tenminste 95% kunnen worden verwijderd. Dit geldt ook voor bedrijven die bv. container- of trayvelden combineren met een kasteelt (ondersteunend glas), indien het overtollige drain(age)water uit de kasteelt niet doelmatig kan worden toegepast op eigen perceel. Er is ook een mogelijkheid om de zuivering gezamenlijk uit te voeren door een collectief van bedrijven, met maximaal uitstel tot 2021. Door deze aanstaande zuiveringsverplichting zijn telers zich (al dan niet als collectief) op de zuiveringsmogelijkheden aan het oriënteren, en krijgen substraatbedrijven in toenemende mate interesse in (meer) gesloten telen.

1.2 Onderzoek tot nu toe en kennisvragen

Het onderzoek heeft samen met de sector de afgelopen jaren met twee verschillende sporen op deze ontwikkelingen ingespeeld: 1) ontwikkeling van zuiveringstechnieken en -strategieën (met een bijbehorende beoordelingsprocedure), en 2) ontwikkeling van innovaties en strategieën om minder of niet meer te lozen. Glastuinbouwbedrijven en toeleveranciers lopen echter tegen een aantal belangrijke kennisvragen en knelpunten aan, die implementatie van deze oplossingen en de noodzakelijke verbetering van de oppervlaktewaterkwaliteit in de weg staan.

De belangrijkste kennisvragen bij het eerste onderzoekspoor hebben betrekking op waterstromen die qua samenstelling en volume sterk afwijken van het Standaard Water waarmee de effectiviteit van zuiveringstechnieken is beoordeeld. Onduidelijk is of dit negatieve gevolgen heeft voor het zuiveringsresultaat. Dit speelt bijvoorbeeld rond de teeltwisseling als het water verontreinigd wordt met ontsmettings- en reinigingsmiddelen, bij lekwater, bij collectieven die een gemeenschappelijke zuivering willen realiseren, en bij bedrijven met ondersteunend glas vanwege vermenging van waterstromen uit kasteelt en openteelt.

Met betrekking tot het tweede onderzoekspoor, waarbij naar een emissieloze teelt wordt toegewerkt, zijn knelpunten rond natrium en andere ongewenste stoffen die kunnen ophopen bij (langdurig) recirculeren nog niet opgelost. Natriumgehalten boven gewas-afhankelijke grenswaarden leiden tot sterke productieafname en kwaliteitsverlies en zullen door telers worden voorkomen door drainwater te verversen (lozen). Daarnaast kunnen door het gebruik van bijvoorbeeld ontsmettings- en reinigingsmiddelen ook ballaststoffen en andere ongewenste stoffen ophopen en reden tot lozen zijn, terwijl het gebruik van middelen juist belangrijk is in recirculerende systemen om het verspreiden van ziekten te voorkomen en om vervuiling van het systeem tegen te gaan.

1.3 Doel

De hierboven genoemde kennisvragen zijn in dit project opgepakt door in 4 verschillende werkpakketten om de volgende innovaties en wetenschappelijke inzichten te ontwikkelen:

1. Concepten voor het optimaal beheren van waterstromen, en robuuste zuiverings- en feedbackprocedures voor het vergroten van de betrouwbaarheid van GBM-zuiveringstechnologie bij tuinbouw situaties met afwijkende watersamenstelling;
2. Ontwikkeling van forward osmose voor de tuinbouw als alternatieve duurzame ontzoutingstechniek, en om de omvang van spui- en waterstromen terug te brengen;
3. Nieuwe kennis over de natriumopname en -gevoeligheid van kasteelten en hoe deze is te beïnvloeden door innovatieve teeltstrategieën;
4. Inzicht in de effecten van het gebruik van ontsmettings- en reinigingsproducten op de waterkwaliteit in recirculerende teelten.

Het overkoepelende doel is oplossingen te ontwikkelen waarmee de tuinbouwsector kan voldoen aan de noodzaak om de emissies van gewasbeschermingsmiddelen (en nutriënten) naar het oppervlaktewater te minimaliseren, om daarmee maatschappelijk draagvlak en license to operate te behouden.

2 Werkpakket 1: Optimaal beheer waterstromen

2.1 Inleiding

Doel van dit werkpakket is inzicht te krijgen in relevante factoren die de zuiveringseffectiviteit beïnvloeden, om daarmee robuuste zuiverings- en feedbackprocedures te ontwikkelen die er voor zorgdragen dat de zuiveringstechnologie in de praktijk optimaal presteert (minimaal 95% zuivering).

Voor gangbare zuiveringsprincipes (geavanceerde oxidatie, ozonisatie, actiefkoolfiltratie) spelen bepaalde factoren mee die de effectiviteit van de zuiveringsinstallatie in het verwijderen van GBM in de praktijk zal beïnvloeden. Het gaat daarbij bijvoorbeeld om de kwantiteit en kwaliteit van organische vervuilingen, aan/afwezigheid van katalysatoren, pH, die bij waterstromen die tijdens de teeltwisseling vrijkomen sterk kunnen afwijken van Standaard Water.

Diverse onderzoeken tonen aan dat het rendement van zuiveringstechnieken in het verwijderen van GBM sterk afhankelijk is van bepaalde waterkwaliteitsparameters. Zo is bekend van het Fenton-proces (H_2O_2 met ijzer katalysator) dat de optimale pH-waarde ongeveer 3 is. Bij $\text{pH} < 3$ neemt de reactiesnelheid van H_2O_2 aanzienlijk af omdat $(\text{Fe(II)}(\text{H}_2\text{O}))^{2+}$ het proces hindert, en omdat er meer radicaalvang optreedt. Bovendien gaan zware metalen bij die lage pH in oplossing, wat allerlei toxische effecten geeft. Bij $\text{pH} > 4$ neemt het aantal vrije ijzerionen af, en gaat de vorming van Fe(II) complexen de vorming van vrije radicalen tegen. Daarnaast wordt er $(\text{Fe}(\text{OH})\text{O})$ gevormd, waardoor de vormingssnelheid van Fe^{2+} afneemt. Bij de huidige beoordelingssystematiek wordt gebruik gemaakt van Standaard Water met een voorgeschreven pH van 5-6, omdat dit representatief is voor regulier lozingswater van glastuinbouwbedrijven. In die situaties zal bij toepassing van het Fenton-proces dus altijd een pH-correctie uitgevoerd moeten worden voordat de reactie plaatsvindt (Parsons, 2004). Ditzelfde geldt voor ozon, waar bij een $\text{pH} < 7$ directe ozonisatie van organisch materiaal plaatsvindt, terwijl bij $\text{pH} > 7$ geavanceerde oxidatie (vorming van hydroxylradicalen) de belangrijkste afbraakreactie is. Voor deze twee processen zal het zuiveringsrendement verschillen (Sonntag & Gunter, 2012).

In het Standaard Water is gekozen voor toevoeging van huminezuren als representant van het organische materiaal in het watersysteem in glastuinbouwbedrijven. De huminezuren zorgen ervoor dat het Standaard Water de juiste TOC-waarde (totaal organisch koolstof) heeft, en vervangt daarbij moeilijk controleerbare factoren als schimmels, bacteriën en algen (Van Ruijven *et al.* 2013). De huminezuren zorgen wel voor de juiste TOC-waarde, maar de huminezuren zullen onder invloed van een geavanceerde oxidatie reactie zelf ook radicalen vormen, die het zuiveringsproces sterk kunnen beïnvloeden (Prof. Dr. T. Murk, WU Environmental Technology, pers. med. 2015). Dit zullen andere stoffen (radicalen) zijn dan die vrijkomen bij oxidatieprocessen bij micro-organismen.

Uit lopende inventarisaties van LTO Glaskracht en het praktijknetwerk Emissieloos Telen blijken er momenteel twee belangrijke knelpunten te zijn bij het sluiten van de waterkringloop en het voldoen aan de zuiveringsplicht (naast de bekende knelpunten als o.a. natriumophoping, zie 2.4). Dit gaat om 1) het reinigings- en ontsmettingswater dat bij de teeltwisseling vrijkomt, en 2) om lekkagewater dat eventueel via een drainagesysteem wordt geloosd. Dit zijn waterstromen die sterk afwijken van de samenstelling van Standaard Water, maar wel gewasbeschermingsmiddelen, biociden en nutriënten kunnen bevatten. Inzicht in de mogelijkheden dit water (deels) her te gebruiken en/of effectief en veilig te zuiveren ontbreekt momenteel.

2.2 Aanpak

De volgende activiteiten zijn uitgevoerd:

1. Inventarisatie andere waterstromen dan drain-/filterspoelwater waar mogelijk lozing van gewasbeschermingsmiddelen door ontstaat (desk studie).
2. Inventarisatie waterkwaliteitsparameters van invloed op zuiveringsrendement voor afbraak/verwijdering van gewasbeschermingsmiddelen voor verschillende typen zuiveringsinstallaties (desk studie, samen met projectpartners).
3. Inventarisatie omgang met waterstromen en gebruikte reinigingsproducten tijdens teeltwisseling bij telers in de praktijk, met behulp van een vragenlijst (zie bijlage I; in samenwerking met WP 4).
4. Inventarisatie samenstelling waterstromen tijdens teeltwisseling door bemonsteringen op geïnventariseerde waterkwaliteitsparameters bij telers.
5. Onderzoeken mogelijkheden voorkomen emissie gewasbeschermingsmiddelen en nutriënten via lozing van alternatieve waterstromen (2018):
 - Optie 1: hergebruik.
 - Optie 2: hergebruik na waterbehandeling.
 - Optie 3: zuiveren voor lozing.
6. Uitvoeren proeven waterbehandeling op alternatieve waterstromen door aangepaste samenstelling van Standaard Water (bijvoorbeeld toevoegen reinigingsmiddel, verhogen/verlagen TOC/CZV, aanpassen UV-transmissie, etc.), voor hergebruik na waterbehandeling of zuivering voor lozing (2018).

2.3 Resultaten en discussie

2.3.1 Inventarisatie andere waterstromen

Voor drain- en filterspoelwater (indien gespoeld met bemest water) geldt dat ze gezuiverd moeten worden voor lozing. Om de kwaliteit van het oppervlaktewater te verbeteren, moeten ook emissies van gewasbeschermingsmiddelen en nutriënten via andere waterstromen van het bedrijf voorkomen worden. De impact van de verschillende waterstromen die op de bedrijven vrijkomen is niet even groot. Een inventarisatie heeft de volgende waterstromen opgeleverd (van boven naar beneden op volgorde van verwachte prioriteit):

1. Waterstromen reinigingsprocessen tijdens teeltwisseling
 - Reinigen irrigatieleidingen (substraat- en grondteelt)
 - Reinigen teeltgoten (substraatteelt)
 - Reinigen binnenzijde kasdek (substraat- en grondteelt)
 - Siloslib (substraat- en grondteelt)
2. Drainwater in teelten op andere substraten (bijv. kokos)
3. Filterspoelwater
4. Drainagewater grondgebonden teelt en onderbemalingswater substraatteelt
5. Proceswater (bijv. fustreinigingswater, voorbehandelingswater sierteelt, transportwater)

Naast de bovengenoemde waterstromen zijn er rond de teeltwisseling ook nog een aantal momenten dat een teler drainwater loost. Dit water valt onder de reguliere zuiveringsplicht, maar verdient extra aandacht. Specifiek voor dit moment in de teelt is een leaflet gemaakt: 'Werkwijze voorkomen emissies teeltwisseling substraatteelt'. Dit document is te vinden in Bijlage II. Met de resultaten van dit project zal in 2018 een update gemaakt worden van de leaflet voor de waterstromen uit reinigingsprocessen tijdens de teeltwisseling.

2.3.2 Inventarisatie waterkwaliteitsparameters

Het water dat in deze processen gebruikt wordt, wordt voor een deel weer opgevangen in het drainsysteem of komt via de condensgoten terug in het irrigatiesysteem. Tijdens het uitvoeren van de reinigingshandelingen in de teeltwisseling is bij telers water opgevangen om bemonsterd te worden op onderstaande parameters:

- EC
- pH
- Temperatuur
- UV-T
- Meststoffenanalyse:
 - Conc. ijzer
 - Conc. bicarbonaat
- Gewasbeschermingsmiddelen (volledige screening)
- TOC én CZV (CZV is meest relevant voor zuivering; TOC om koppeling te maken met Standaard Water)
- Concentratie reinigingsmiddelen:
 - Perchloraat
 - Quaternair ammonium
 - Formaline
 - Fluor
 - Aluminium bij reinigen onderdelen kas

2.3.3 Inventarisatie omgang met waterstromen en gebruikte reinigingsproducten tijdens teeltwisseling

Doornemen van de vragenlijst over watergebruik tijdens de teelt en de processen tijdens de teeltwisseling, laat zien dat zelfs bij bedrijven die hetzelfde gewas telen en hetzelfde teeltsysteem hebben, verschillende hygiëneprotocolen worden toegepast en verschillend wordt omgegaan met de waterstromen. In Tabel 1 is een overzicht weergegeven van de gebruikte reinigingsmethoden en -producten. In het vervolg van het onderzoek wordt op basis van de metingen die bij telers worden uitgevoerd bekeken of de waterstromen kunnen worden hergebruikt, of er een alternatieve methode is die hergebruik mogelijk maakt, of dat er behandeling van het water nodig is voordat hergebruik mogelijk is.

Tabel 1

Overzicht van reinigingsmethoden die gebruikt worden tijdens de teeltwisseling.

	Reinigingsmethode	Mogelijkheid hergebruik	Alternatief voor hergebruik	Behandeling om hergebruik mogelijk te maken
Irrigatieleiding	Salpeterzuur/ spoelen/ Chloordioxide of waterstofperoxide/ spoelen	ntb*	ntb	ntb
Teeltgoten	Water, chloor of waterstofperoxide	ntb	ntb	ntb
Binnenzijde kasdek	Flusolforte of heet water	ntb	ntb	ntb
Siloslib	Silo leegzuigen en afvoeren	ntb	ntb	ntb

* ntb: nader te bepalen in het vervolgonderzoek 2018.

2.3.4 Inventarisatie samenstelling waterstromen tijdens teeltwisseling door bemonsteringen op geïnventariseerde waterkwaliteitsparameters bij telers

De keuze voor een reinigingsproduct maakt een groot verschil voor de mogelijkheden tot hergebruik van het opgevangen water. De keuze is ook van belang voor het op de juiste manier toepassen van waterbehandelingstechniek om het water geschikt te maken voor hergebruik, of voor zuivering bij lozen van het water. De bemonsteringen zijn eind 2017 uitgevoerd, de analyseresultaten worden in 2018 verwerkt.

2.4 Conclusies

Naast de waterstromen die telers per 1 januari 2018 verplicht moeten zuiveren zijn er nog een aantal waterstromen die mogelijk gewasbeschermingsmiddelen bevatten die nu over het algemeen nog geloosd worden (op riolering of oppervlaktewater). In het project wordt geanalyseerd welke waterstromen dit zijn, wat de samenstelling is en wat de mogelijkheden zijn voor hergebruik in de teelt (al dan niet na zuivering) of zuivering voor lozing. Uit de inventarisatie die is uitgevoerd, blijkt dat er middelen gebruikt worden die moeilijk opnieuw te gebruiken zijn in de teelt (bijvoorbeeld fluor voor reinigen binnenzijde kasdek). Andere telers die dezelfde handeling uitvoeren gebruiken andere producten met eenzelfde reinigingsresultaat en kunnen het water probleemloos hergebruiken in de teelt. In het vervolg van het project worden best-practices rond de teeltwisseling uitgewerkt en wordt onderzocht hoe het beste met deze waterstromen kan worden omgegaan. In 2017 is bemonsterd bij vruchtgroentebedrijven, in 2018 zal met name bij sierteeltbedrijven nog verder bemonsterd worden. Dit is om twee redenen interessant: ten eerste wordt bij sierteeltbedrijven vaak slechts een deel van de kas gewisseld, wat tot meer menging van de verschillende waterstromen met drainwater leidt. Ten tweede vindt de teeltwisseling op een ander moment van het jaar plaats, waardoor dit andere gevolgen voor het oppervlaktewatersysteem heeft.

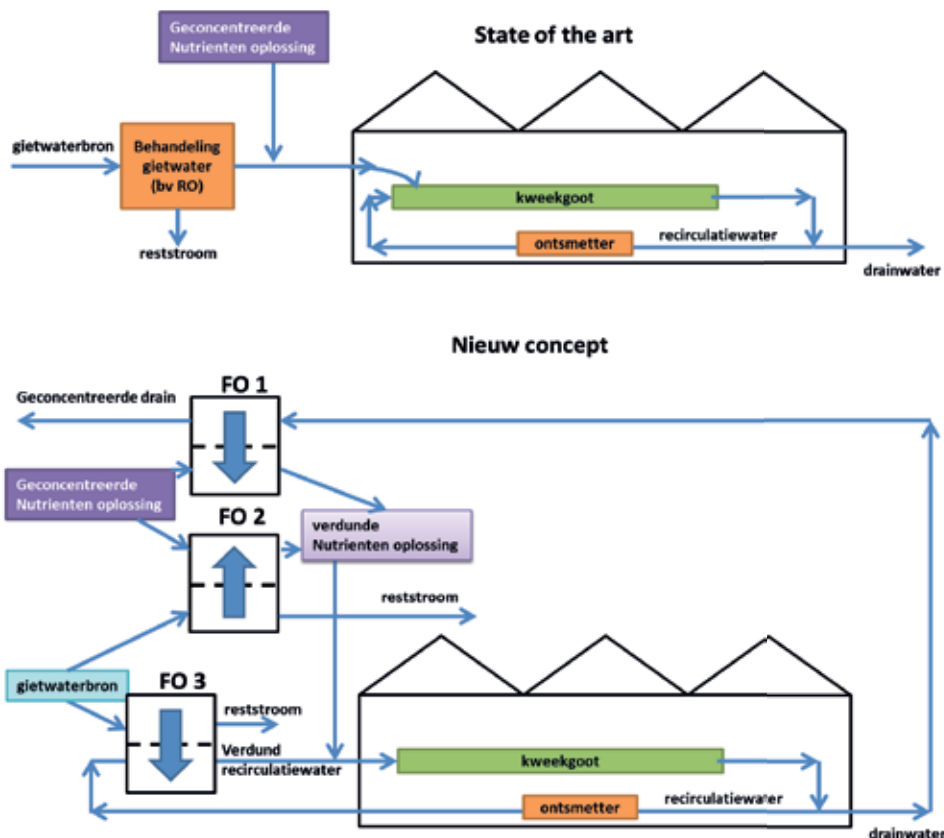
3 Werkpakket 2: Toepassing Forward Osmosis in de tuinbouw

3.1 Inleiding

Doel van dit werkpakket is de toepassing van forward osmose in de tuinbouw te onderzoeken. Ten eerste om de efficiëntie van zuivering te vergroten (door terugbrengen van omvang van spui- en waterstromen), en ten tweede om aanvullende gietwaterbronnen beschikbaar te maken via een duurzame ontzoutingsmethodiek.

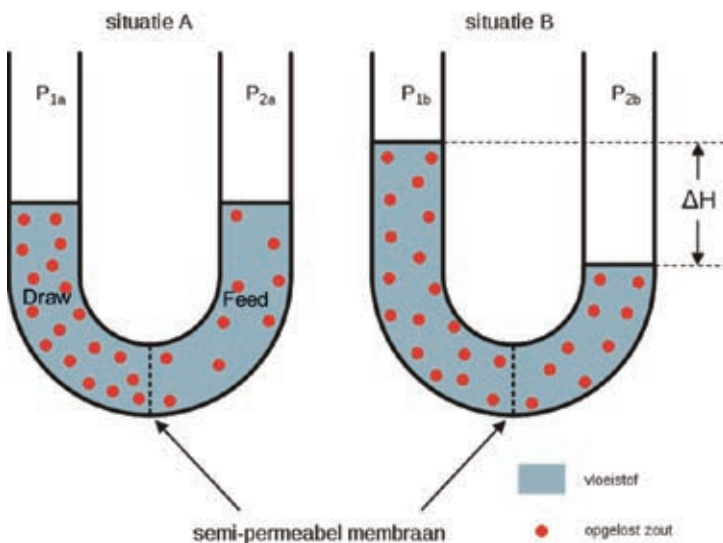
Forward osmosis (FO) is een nieuwe innovatieve technologie die voor verschillende toepassingsgebieden kan worden ingezet. In de tuinbouwsector is deze technologie nog niet bekend. Onderzoek en commercialisatie van FO heeft zich in eerste instantie vooral gericht op zeewaterontzouting en daar zijn nu 2 full scale applicaties in gebruik (Gibraltar, Oman; Modern Water, 2014). Daarnaast lopen veel pilot studies in de voedingsmiddelen industrie maar dit wordt nog niet commercieel toegepast. Op laboratoriumschaal wordt FO voor uiteenlopende doelstellingen getest, maar nog niet voor tuinbouw water. Belangrijkste punten die commercialisatie op dit moment in de weg staan zijn het ontbreken van lange termijn praktijkstudies.

Osmotisch gedreven membraan processen zoals FO zijn zeer innovatief en staan de afgelopen jaren sterk in de belangstelling. De mogelijkheden van deze membraanprocessen zijn zeer divers, uiteenlopend van osmotische verdunning en concentratie, hoge kwaliteit water productie tot energie opwekking. Het voordeel is dat FO in vergelijking met een veelgebruikte technologie zoals omgekeerde osmose (RO) praktisch geen energie kost (Cath *et al.* 2006). Met name twee toepassings-mogelijkheden binnen de watercyclus van de (glas)tuinbouw (zie Figuur 3.1) lijken perspectief te bieden: (1) indikken van spui- of collectieve waterstroom, die eventueel gezuiverd moet worden, en (2) benutten van alternatieve gietwaterbronnen.



Figuur 3.1 Huidige situatie met ontzouting gietwaterbronnen en het in dit project te ontwikkelen nieuw concept waarin forward osmosis op drie verschillende wijzen toegepast kan worden op een tuinbouwbedrijf.

Forward osmose is het transport van water van een verdunde naar een geconcentreerde oplossing. De geconcentreerde oplossing wordt 'draw' genoemd, de verdunde oplossing 'feed', zie Figuur 3.2. Naarmate het concentratieverschil groter is, zal het transport van water sneller gaan. Wanneer het membraan niet alleen semi-permeabel is voor water maar ook ionen doorlaat, zal er ook zouttransport plaatsvinden van draw naar feed. Vervuiling van het membraan kan beide processen vertragen doordat de doorlaatbaarheid verminderd wordt.



Figuur 3.2 Schematische weergave van forward osmose.

3.2 Aanpak

Er zijn twee toepassingsmogelijkheden onderzocht:

1. Is FO toe te passen voor het indikken van de spuiwaterstroom, met als osmotische oplossing de geconcentreerde nutriëntenoplossingen?

Het principe is dat het zuivere water uit de spuiwaterstroom (of collectieve waterstroom) door de FO wordt teruggewonnen met behulp van de geconcentreerde nutriëntenoplossing, en dat tijdens dit proces de voor het gewas benodigde voedingsoplossing wordt gemaakt. De spuiwaterstroom wordt daarbij ingedikt en kan beter en goedkoper verwerkt worden. Hiernaast kan een hoeveelheid hoogwaardig (natriumarm) water worden uitgespaard omdat het water dat uit het spuiwater wordt onttrokken de geconcentreerde nutriëntoplossing zal verdunnen.

2. Kan oppervlaktewater, leidingwater of grondwater als secundaire gietwaterbron worden benut?

Hierbij wordt de geconcentreerde nutriëntenoplossingen of het recirculatiewater gebruikt als osmotische oplossing om water te onttrekken aan een gietwaterbron. Oppervlaktewater bevat een hoge concentratie aan zouten (<6 mmol/l Cl in het Westland; Appelman *et al.* 2014) waardoor het niet geschikt is voor teelten die (nagenoeg) volledig recirculeren (Beerling *et al.* 2014; zie ook 2.6). Recirculatiewater heeft een hogere zoutconcentratie waardoor het als osmotische tegenoplossing gebruikt kan worden in FO processen. Alternatief is dat ook hiervoor de geconcentreerde voedingsoplossing wordt gebruikt. Door een FO membraan te plaatsen tussen het oppervlaktewater en recirculatiewater, gaat gezuiverd water van uit het oppervlaktewater naar het recirculatiewater, zonder dat ongewenste stoffen zoals zouten of pathogenen in het recirculatiewater terecht komen. Ook het gebruik van leidingwater (1.5 – 1.9 mmol/l Na) als alternatieve gietwatervoorziening behoort tot de mogelijkheden. Oppervlaktewater en leidingwater kunnen een belangrijk alternatief zijn voor het gebruik van grondwater als secundaire gietwaterbron, waarmee productie van brijn en lozing van brijn in het grondwater voorkomen wordt.

Op dit moment wordt veel grondwater ingezet als secundaire gietwaterbron. Gezien de verzilting van het grondwater in West Nederland, voldoen veel omgekeerde osmose (RO)-installaties die nu gebruikt worden voor ontzouting van het grondwater, niet meer. Er wordt ook onderzocht of FO een geschikt alternatief voor RO kan zijn.

De opzet van het project is als volgt:

2017

- Inventarisatie relevante waterstromen. Hierbij zal vooral gekeken worden naar de zoutconcentraties van de stromen, de debieten en andere aanwezige componenten.
- Vervolgens zal er een berekening worden opgezet waarbij de verschillende waterstromen aan elkaar gekoppeld kunnen worden om te berekenen wat de potentie is van forward osmosis met betrekking tot het brengen van schoon water in het systeem. Hierbij zal gekeken worden naar de gietwaterbronnen grondwater, oppervlaktewater en leidingwater, naar recirculatiewater van 2 teelten (zout intolerant en zouttolerant), naar Standaardwater (als representatief drain en drainage water) en naar (geconcentreerde) voedingsoplossingen die representatief zijn voor de glastuinbouw. Ook zullen berekeningen worden gemaakt van ontwerpparameters, zoals benodigd membraanoppervlak.
- Hieruit volgt een selectie van een aantal combinaties van stromen waarvoor de potentie van forward osmosis nader onderzocht zal worden.
- In kortdurende laboratoriumexperimenten met modeloplossingen zullen een aantal combinaties van stromen getest worden. De nadruk zal hierbij liggen op watertransport, zoutlekkage en vervuiling. Voor de behandeling van spuiwater wordt onderzocht of gewasbeschermingsmiddelen door het membraan transporteren. Afhankelijk van de gekozen configuratie kan dit zowel een voordeel zijn (wanneer het aan het spui onttrokken wordt en het water in de teelt wordt hergebruikt) of een nadeel (bij transport van recirculatiewater naar de reststroom van de gietwaterbron).

Go/no Go

2018

- Pilot studie in het IDC Water (Wageningen University & Research Glastuinbouw, semi-praktijk) om de lange-termijn technische haalbaarheid aan te tonen. Voor de experimenten zullen commercieel beschikbare membranen worden gebruikt. Indien vervuiling een groot probleem lijkt te zijn, zal er ook gekeken worden naar een voorzuivering. Dit zal een commercieel beschikbaar systeem zijn.
- Technisch economische evaluatie op basis van eerder verzamelde data. Hierbij zal de rekensystematiek van Wageningen University & Research-WEER gehanteerd worden voor betaalbaarheid van technologie voor tuinders. Daarnaast zal een vergelijking worden gemaakt met kosten van huidig beschikbare technologie voor gietwaterbehandeling en drainwaterbehandeling.

3.3 Resultaten en discussie

3.3.1 Inventarisatie waterstromen

Om een goed beeld te krijgen over de potentie van forward osmose in de glastuinbouw is eerst een inventarisatie gemaakt van de aanwezige stromen. Dit betreft zowel de volume-stromen als de samenstelling.

De volgende waterstromen zijn bekeken (Tabel 3.1):

Tabel 3.1

Onderzochte waterbronnen in dit project.

bron	Debiet m ³ /ha/jaar	Osmotische druk Bar
regenwater	7664	0.004791
oppervlaktewater (Rijnwater 1975)	-	0.34554
zeewater	-	24.938
leidingwater	-	0.16739
grondwater	-	Uitgaande van 500-3000 mg/l Cl: 0.67 – 3.94
gietwater	10000-16000	0.20175
Spuiwater zoals beschreven als Standaard Water (Ruijven <i>et al.</i> 2016)	1000	1.24

Uit een snelle berekening is gebleken dat voor het gebruik van recirculatiewater als 'draw' en oppervlaktewater als 'feed' een membraanoppervlak van enkele hectares nodig is. Dat is geen haalbare situatie. Op dat moment is besloten om de volgende 2 concepten verder te onderzoeken:

- Feed: alternatieve gietwaterbron, draw: geconcentreerde nutriënten oplossing (FO1).
- Feed: spuiwater, draw: geconcentreerde nutriënten oplossing (FO2).

Als geconcentreerde nutriënten oplossing is een recept van tomaat genomen (Tabel 3.2). Hierbij is aangenomen dat het meststoffen verbruik bij de tomatenteelt, geheel jaar, normale productie (vruchtproductie 80 kg /m²), hergebruik drainwater, ongeveer 10.000 - 15.000 kg meststoffen/ha is.

Tabel 3.2

Samenstelling van de geconcentreerde nutriëntenoplossing.

A-bak		B-bak	
	mmol/l		mmol/l
Ca ²⁺	295.021	K ⁺	419.0119
NH ₄ ⁺	165.5814	Mg ²⁺	217.1502
Fe ³⁺	226.492	Mn ²⁺	1.062374
K ⁺	219.979	Zn ²⁺	0.424956
		Na ⁺	0.743455
		Cu ²⁺	0.079692
		H ⁺	265.4571
NO ₃ ⁻	975.6024	NO ₃ ⁻	180.0083
DTPA	226.492	SO ₄ ²⁻	271.8547
		PO ₄ ³⁻	132.7286
		B ₄ O ₇	0.530999
		MoO ₄	0.053114
osmotische druk	47.9 bar	osmotische druk	30.9 bar

3.3.2 Modelleren van FO voor de glastuinbouw

De potentie van FO voor de glastuinbouw wordt in eerste instantie bepaald met een modelleerstudie, waarin de verschillende waterstromen aan elkaar gekoppeld worden voor het produceren van schoon water. De berekeningen gaan uit van massabalansberekeningen gebaseerd op beschikbare hoeveelheid en samenstelling van de waterstromen gekoppeld aan de doelstelling van het watersysteem. Verder zijn beschikbare membraanparameters - gebaseerd op type FO en dimensies FO module - van belang om het benodigd membraanoppervlak te kunnen berekenen. Het benodigde membraanoppervlak geeft een eerste indicatie over de haalbaarheid van FO in de glastuinbouw.

Er zijn twee scenario's geselecteerd voor het bepalen van de mogelijkheid van forward osmose in de glastuinbouw. In het eerste scenario wordt gebruikgemaakt van drainwater als feed en een nutriëntoplossing voor de tomatenkweek als osmotische oplossing (draw). Het doel van dit scenario is een maximale indikking te bereiken van het drainwater met een richtgetal van 5x indikking of 80% recovery. In het tweede scenario wordt gebruik gemaakt van brak grondwater als feed en dezelfde nutriëntoplossing als draw, met als doel het onttrekken van schoonwater uit brak grondwater (meer details in Figuur 3.3).



Figuur 3.3 Uitgangspunten en doelstellingen van twee FO scenario's in de glastuinbouw.

Aangezien dit een unieke studie is waarvoor nog geen referenties beschikbaar zijn, is er voor de zekerheid gekozen voor drie verschillende aanpakken om tot het benodigde membraanoppervlak te komen voor de twee scenario's. Verder is aangenomen dat de osmotische oplossing alleen bestaat uit NaCl om de complexiteit van de berekeningen te beperken. De drie gevolgde aanpakken zijn:

- Een analytische berekening (Mondal *et al.* 2017).
- FOSA systeemontwerp (Kim *et al.* 2017).
- Zelfontwikkeld numeriek model in Excel.

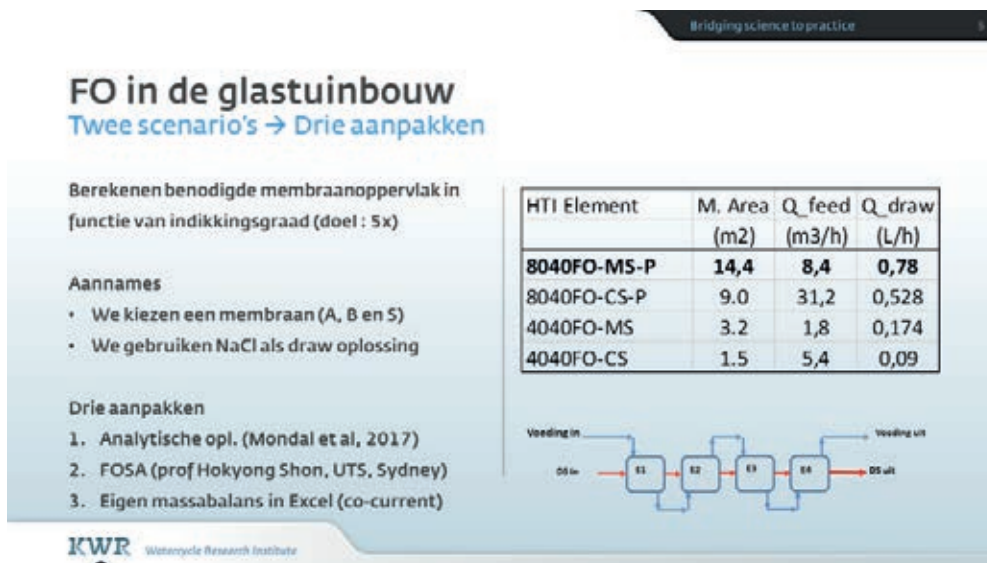
In de analytische berekening wordt gebruik gemaakt van een exacte oplossing voor het dimensioneren van FO systemen waarin de FO elementen zowel in mee- en tegenstroom kunnen worden geschakeld. Het nadeel van deze methode is dat het zoutlek¹ onterecht wordt verwaarloosd om tot een analytische oplossing te komen.

Een tweede berekening gaat uit van een numeriek mathematisch model waarin complete FO systemen kunnen worden gedimensioneerd. Deze methode is ontwikkeld door de onderzoeksgroep van prof. Hokyong Shon (UTS, Sydney, Australië) en wordt FOSA (Forward Osmose System Analysis) genoemd. Een nadeel is dat FO elementen alleen in meestroom kunnen worden doorberekend.

Tenslotte een zelfontwikkeld numeriek mathematisch model in Excel waarmee FO systemen kunnen worden doorgerekend. Ook in dit model kunnen FO elementen voorlopig alleen in meestroom worden berekend.

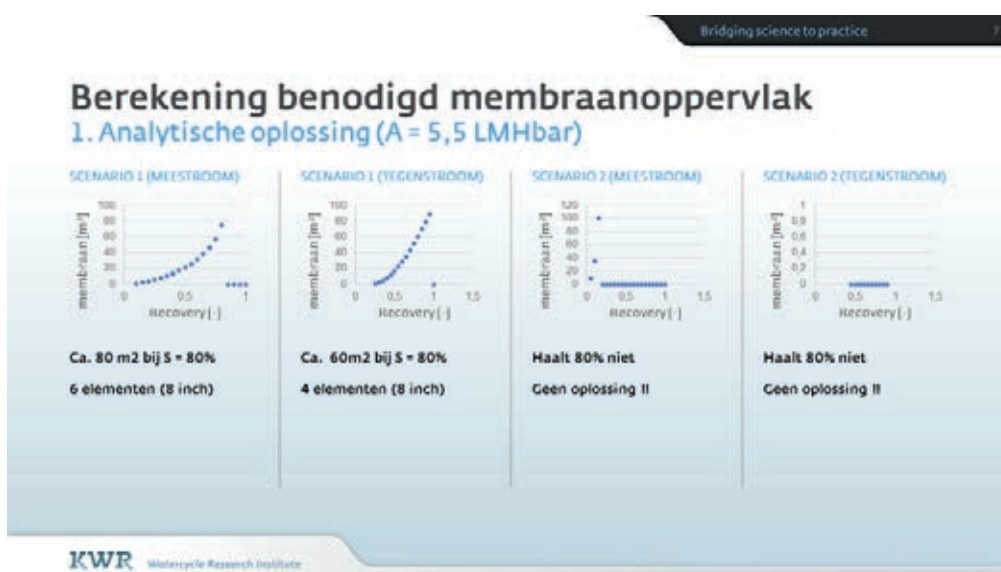
¹ Transport van de osmotische oplossing naar de feed.

Alle modellen maken gebruik van drie membraanparameters gebaseerd op de waterflux (A-factor), het zoutlek (B-factor) en een membraanstructuurparameter (S-factor). Verschillende FO membraanelementen zijn commercieel beschikbaar, en we hebben gekozen voor het grootst beschikbare element (8040FO-MS-P) (zie Figuur 3.4).



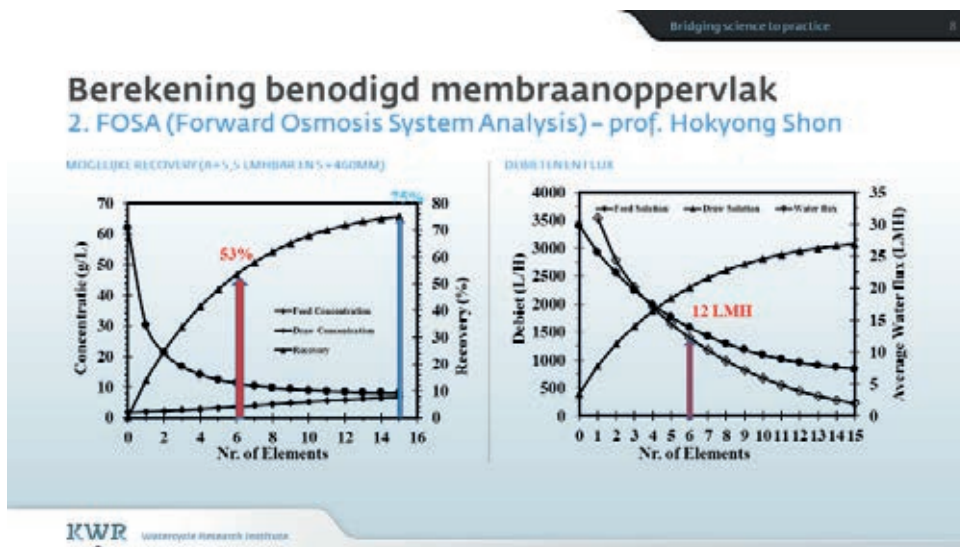
Figuur 3.4 Drie aanpakken voor het dimensioneren van full-scale FO systemen met gebruikmaking van membraanparameters en FO elementdimensies.

Het benodigd membraanoppervlak (en FO elementen) is berekend in functie van de recovery met de analytische berekening (Mondal et al. 2017) voor de twee scenario's voor zowel een mee- en tegenstroomschakeling van FO elementen (zie Figuur 3.5). Het blijkt dat er alleen een oplossing wordt gevonden voor het eerste scenario waarin drainwater wordt ingedikt. Het tweede scenario waarbij schoonwater wordt onttrokken uit brakgrondwater leidt niet tot een analytische oplossing, dit ten gevolge van de onbalans in het volume van de brakwaterstroom en de nutriëntoplossing. Als FO elementen in het eerste scenario in meestroom worden geschakeld zijn er ongeveer 6 elementen nodig, terwijl als de FO elementen in tegenstroom worden geschakeld zijn er ongeveer 4 elementen nodig. De tegenstroomconfiguratie is aanzienlijk gunstiger en resulteert in ca. 33% minder membraanoppervlak.



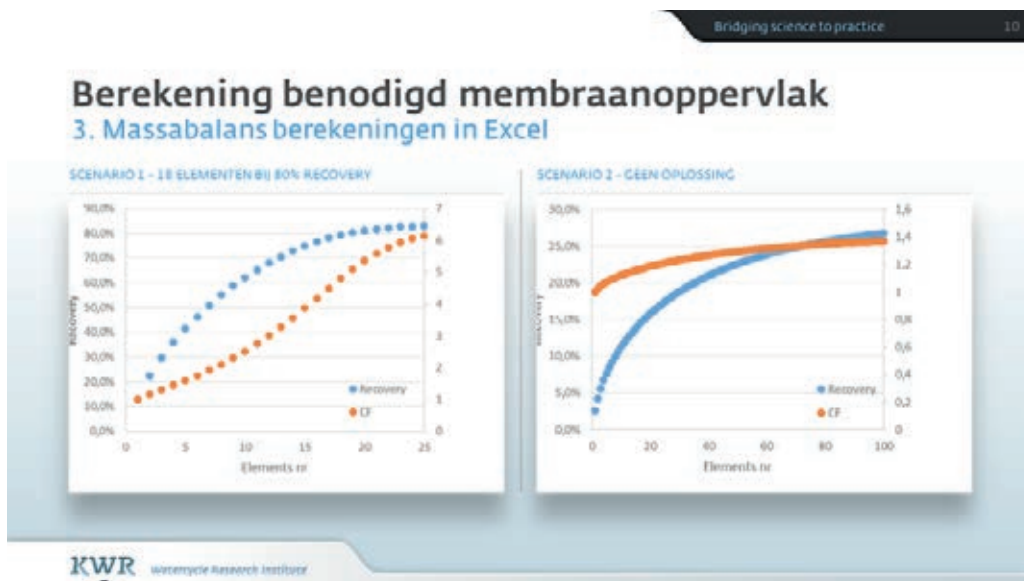
Figuur 3.5 Membranooppervlak in functie van de recovery voor de twee scenario's met mee- en tegenstroom schakeling van FO elementen.

Het benodigde membraanoppervlak is tevens berekend met het numerieke mathematische FOSA model voor de twee scenario's voor alleen meestroom schakeling van de FO elementen (Kim *et al.* 2017). Alleen het eerste scenario geeft een oplossing, waarvan de resultaten zijn gegeven in Figuur 3.6. Het concentratieverschil tussen de feed (drainwater) en de osmotische oplossing (nutriëntoplossing) neemt sterk af met het aantal benodigde FO elementen (Figuur 3.6 links). Verder neemt het feed-debiet af en het debiet van de osmotische oplossing toe in functie van het aantal benodigde FO elementen (Figuur 3.6 rechts). Door deze veranderingen neemt de flux sterk af met aan het FO elementen. Een indikking van 2x (recovery van 50%) wordt bereikt met 6 FO elementen, en een indikking van 4x (recovery van 75%) wordt bereikt met 15 FO elementen.



Figuur 3.6 Benodigd aantal meestroom FO membraanelementen in functie van concentratie, debiet, flux en recovery voor scenario 1 (indikking drainwater).

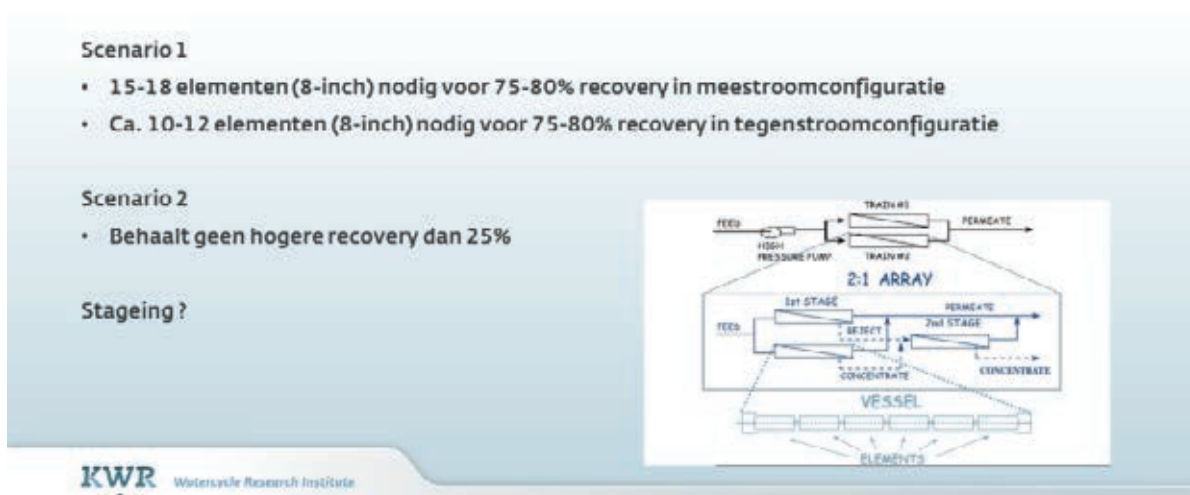
Tenslotte is het benodigde membraanoppervlak (en aantal FO elementen) in functie van de recovery en indikking berekend met het zelfontwikkelde numerieke model in Excel voor de twee scenario's met FO elementen in meestroom-configuratie. Een recovery van meer dan 80% of een 6,5x indikking van het drainwater kan worden bereikt met FO gedreven door een geconcentreerde nutriëntenoplossing voor de tomatenkweek (Tabel 3.2; Figuur 3.7 links). Een maximale recovery van 25% of slechts een 1,4x indikking van brakgrondwater kan bereikt worden (Figuur 3.7 rechts). Voor het eerste scenario zijn ongeveer 18 FO elementen in meestroom nodig om een recovery van 80% (5x indikking) te bereiken.



Figuur 3.7 Benodigde FO element in meestroom in functie van de recovery en indikking voor de twee scenario's.

Het benodigd membraanoppervlak of benodigde aantal FO elementen is bepaald voor twee scenario's gebruikmakend van drie verschillende aanpakken. Er zijn ongeveer 18 of 12 FO elementen nodig voor het indikken van drainwater in scenario 1 voor respectievelijk meestroom- en tegenstroomschakeling van de FO elementen. De hoeveelheid benodigde FO elementen in tegenstroom is ingeschat op basis van het verschil tussen meestroom en tegenstroom in het analytische model (33%). Voor het tweede scenario waarin schoonwater wordt onttrokken uit brak grondwater wordt slechts een zeer geringe indikking berekend (Figuur 3.8).

Voorlopig besluit



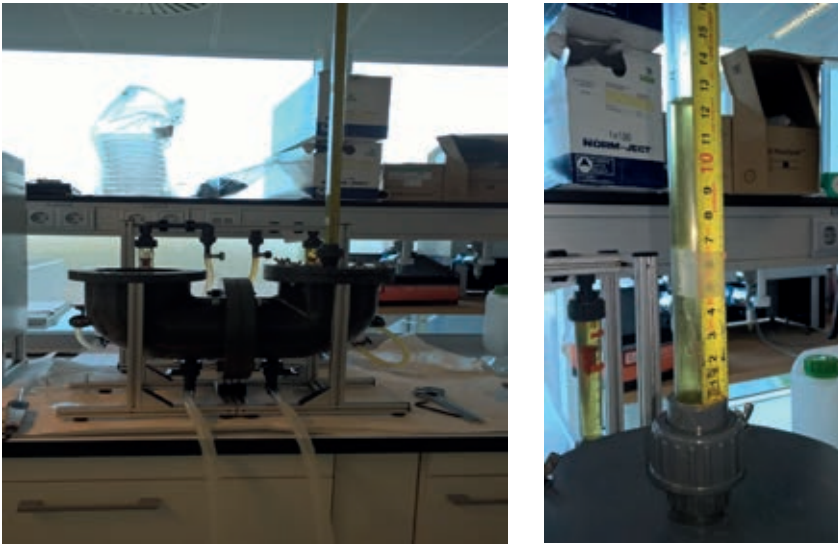
Figuur 3.8 Voorlopig besluit over benodigd FO membraanoppervlak voor de twee scenario's.

Uit de modellen is gebleken dat het proces mogelijk is, maar niet alle doelen volledig behaald kunnen worden. Optimalisatie van de gekozen scenario's kan tot een positiever resultaat leiden. Zo kan worden verondersteld dat niet alle gietwater volledig uit een secundaire bron hoeft te komen, maar voor een groot gedeelte uit regenwater wordt gemaakt, en dat de benodigde hoeveelheid water uit brak grondwater een stuk kleiner is. Dat betekent dat de nutriëntenstroom ook niet tot een osmotische waarde van gietwater verdund hoeft te worden, en dat de volumes ook kleiner kunnen zijn. Daardoor blijft de drijvende kracht groter en zal er wel een oplossing gevonden kunnen worden voor het onttrekken van water uit brak grondwater m.b.v. nutriënten.

3.3.3 Forward Osmose experimenten

Door middel van een U-buis test wordt de waterflux en zoutflux door het membraan bepaald. Het water uit de verdunde oplossing gaat door het membraan naar de geconcentreerde oplossing. De toename van het volume wordt bijgehouden door hoogtemeting in de stijgbuis (zie Figuur 3.9). De experimenten zijn uitgevoerd met membraansamples verkregen uit een Toray FO4040 membraanelement.

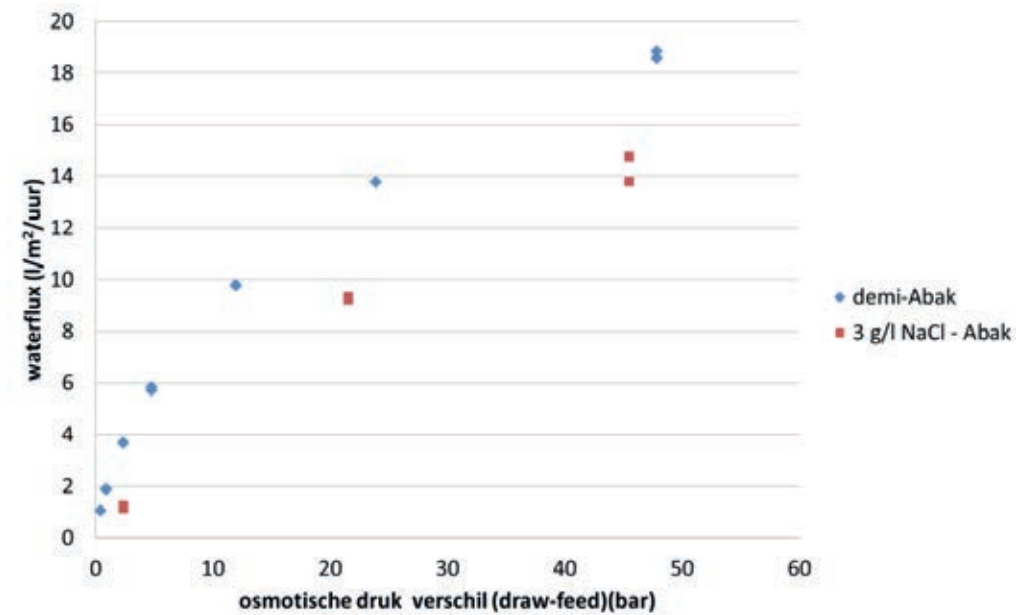
De experimenten zijn uitgevoerd met een geconcentreerde nutriëntenoplossing als draw-oplossing. De samenstelling is zoals beschreven bij A-bak in Tabel 3.2. De feed-oplossing was gedemineraliseerd water (demiwater) of een 3 g/l NaCl oplossing.



Figuur 3.9 U-buisopstelling voor FO experimenten.

3.3.3.1 Waterflux

De waterflux als functie van het osmotisch drukverschil is weergegeven in Figuur 3.10.

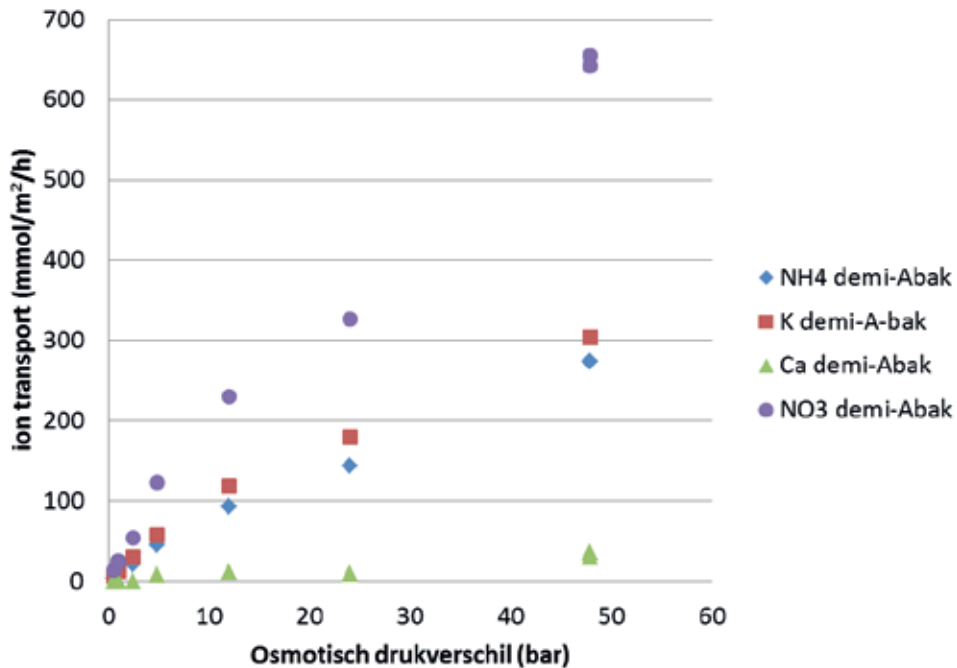


Figuur 3.10 Waterflux als functie van het osmotisch drukverschil. draw = A-bak, blauw: feed=demiwater, rood: feed=3 g/l NaCl oplossing (osmotische druk 2,4 bar).

De waterflux (Figuur 3.10) bepaalt in grote mate hoeveel membraanoppervlak nodig is voor het bereiden van een bepaalde hoeveelheid verdunde gietwateroplossing. De waterflux wordt bepaald door het osmotisch drukverschil maar ook door de eigenschappen van het membraan.

3.3.3.2 Zouttransport

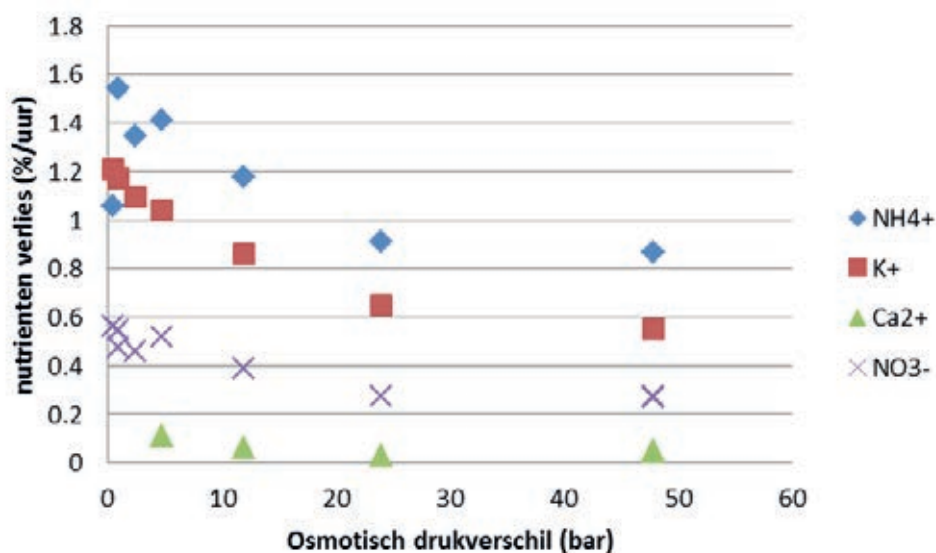
Forward osmose is een natuurlijk proces waarbij de 2 verschillende oplossingen (feed en draw) in evenwicht proberen te komen door water te transporteren van de verdunde naar de geconcentreerde oplossing. Het membraan is zo ontworpen dat dit optimaal gebeurt. Echter de membranen zijn niet perfect en het evenwicht zal ook bereikt worden door transport van zouten van de geconcentreerde naar de verdunde oplossing dus van draw naar feed (zoutlek). Wanneer een geconcentreerde nutriëntenoplossing gebruikt wordt als draw, betekent dat een verlies van nutriënten.



Figuur 3.11 Ion transport door membraan als functie van het osmotisch drukverschil (draw-feed). Draw: A-bak, feed: demiwater.

Het transport van ionen van de draw naar de feed-zijde is weergegeven in Figuur 3.11. De belangrijkste ionen in de A-bak zijn ammonium, kalium en calcium als kationen en nitraat als anion. Wat opvalt is dat calcium bijna niet getransporteerd wordt. Eenwaardige ionen worden veel meer getransporteerd. Dit is een bekend verschijnsel bij forward osmose membranen. Door de grotere watermantel en de electrostatische repulsie worden meerwaardige ionen nauwelijks getransporteerd.

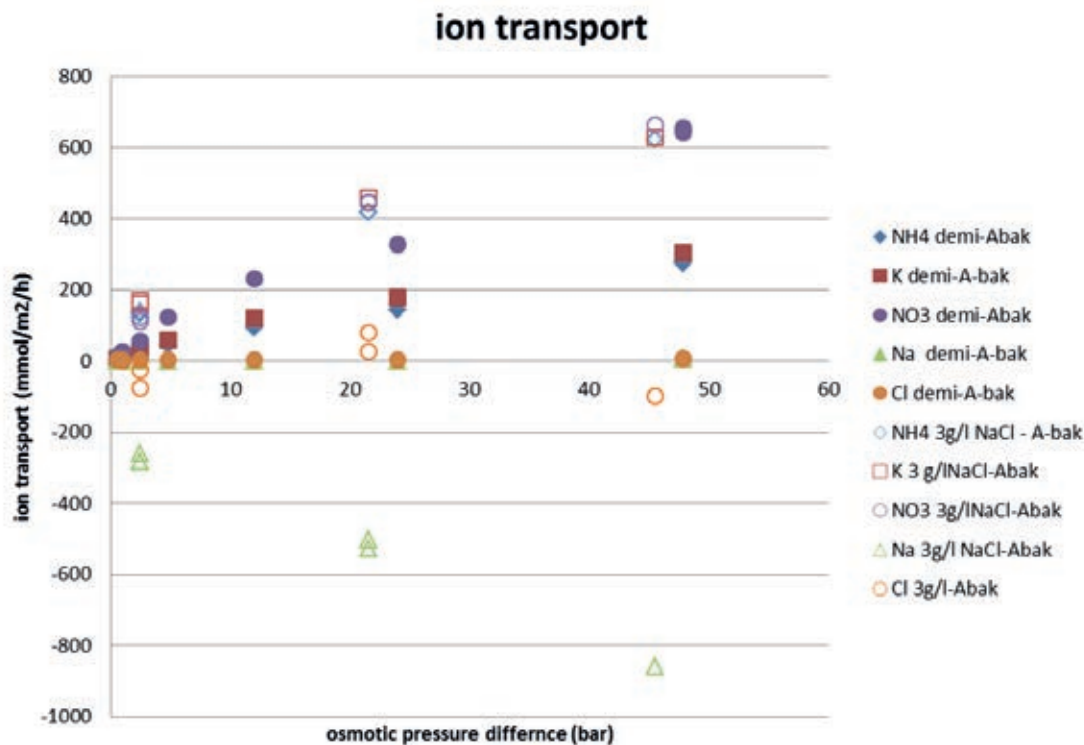
Het transport van ionen van de draw naar de feed-zijde levert een verlies aan nutriënten op. Dit verlies wordt groter naarmate de draw-zijde meer verdund is, gekeken naar het percentage verlies ten opzichte van de gebruikte draw-oplossing (zie Figuur 3.12).



Figuur 3.12 Nutriënten verlies als percentage van de aanwezige nutriënten in de draw oplossing.

Wanneer geen demiwater maar een zoute oplossing aanwezig is als feed-oplossing, heeft dat verschillende consequenties. Doordat er een kleiner osmotisch drukverschil is, zal het watertransport langzamer gaan bij dezelfde draw oplossing. Verder is er in de draw-oplossing nauwelijks natrium en chloride aanwezig. Die ionen zullen ook de neiging hebben naar de drawoplossing te transporteren. Er is in Figuur 3.13 te zien dat natrium (groene driehoek) bij demi-water als feed oplossing nauwelijks transporteert. Dit is in zowel feed als draw oplossingen nauwelijks aanwezig. Wanneer echter 3 g/l NaCl oplossing als feed wordt gebruikt, dan vindt er een transport plaats van natrium ionen naar de draw zijde (negatieve waardes). Om dit transport van een positief geladen ion te compenseren, moet er ook een negatief ion mee transporteren naar de draw-zijde, of een positief ion extra transporteren naar de feed-zijde. Dat is wat hier gebeurt. Het transport van ammonium en kalium neemt significant toe ten opzichte van de situatie dat demiwater de feed-oplossing is.

Tuinders moeten vaak lozen wegens een te hoog natrium gehalte in het gietwater. Wanneer natrium uit de bron (bijvoorbeeld zout grondwater) naar de drawoplossing lekt, is dat ongunstig. Echter wanneer bijvoorbeeld omgekeerde osmose als ontzoutingstechnologie wordt gebruikt, kan ook een zouttransport van ongeveer 1% verwacht worden.



Figuur 3.13 Ion transport door het FO membraan. Draw= A-bak, dichte markering: feed=demiwater, open markering: feed= 3 g/l NaCl. Negatief transport is een flux van feed naar draw.

3.3.3.3 Gebruik andere oplossing

Om verlies van nutriënten te voorkomen, zou er voor gekozen kunnen worden om de B-bak in te zetten als draw oplossing. Deze oplossing bevat voornamelijk kalium en nitraat als eenwaardige ionen, en verder zijn er alleen meerwaardige ionen in de oplossing aanwezig. Wanneer deze oplossing als draw wordt gebruikt, kan verondersteld worden dat het zouttransport alleen afkomstig is van kaliumnitraat. Er kan gekozen worden om al het kaliumnitraat in de A-bak te doen, en dan een B-bak te hebben met voornamelijk meerwaardige ionen. Dan is er nog steeds een hoeveelheid kalium als eenwaardig ion in de B-bak maar door de afwezigheid van eenwaardige anionen zal het transport van kalium waarschijnlijk ook beperkt blijven. De osmotische druk van een B-bak zonder nitraat en minder kalium is aanzienlijk lager dan de huidige A-bak, en ligt rond de 21.3 bar maar dat geeft nog steeds een hoog osmotisch drukverschil met de gebruikte feed-oplossingen.

3.3.3.4 Schoonwater flux

Na ieder experiment is bepaald of het membraan irreversibel vervuild of lek is geraakt. Dit is gedaan door het meten van de zogeheten 'schoonwaterflux'. Zowel het watertransport als het zouttransport door het membraan zijn gemeten over een periode van 4 uur. Als feed oplossing is demiwater gebruikt, als draw een 0.25M NaCl-oplossing. Dit geeft een osmotisch drukverschil van 12.2 bar. De gemiddelde waterflux na 21 experimenten is 13.31 l/m²/uur (st dev .0.26 l/m²/uur). Er is geen trend te zien in een toename of afname van de schoonwaterflux over het verloop van de experimenten (niet getoond). De zoutflux nam na 2 experimenten af van 6.6 naar 3.44 g/m²/uur waarna het stabiliseerde op gemiddeld 3.66 g/m²/uur (n=19). Na 2 experimenten lijkt het membraan een stabiele toestand te hebben gekregen waarin ook geen trend van toename of afname van de zoutflux op te merken is. Er kan daarom gesteld worden dat het membraan in de loop van de experimenten niet vervuild of lek geraakt is.

3.4 Conclusies en verder onderzoek

Er zijn ongeveer 18 of 12 FO elementen nodig voor het indikken van 3,4 m³/h drainwater met 0,4 m³/h nutriëntoplossing voor de tomatenkweek in scenario 1 voor respectievelijk meestroom- en tegenstroomschakeling van de FO elementen. Voor scenario 2 waarin schoonwater wordt onttrokken uit 17 m³/h brakgrondwater met dezelfde nutriëntoplossing wordt slechts een zeer geringe indikking berekend waarvoor zeer veel FO elementen nodig zijn. Vervolgonderzoek richt zich op:

- Berekenen van benodigde membraanoppervlak waar de FO elementen in tegenstroom zijn geschakeld.
- Meenemen van het effect van complexe samenstelling van de nutriëntoplossing in de bepaling van de osmotische drijvende kracht.
- Berekenen van het effect van andere FO membranen op het totaal benodigde membraanoppervlak voor beide scenario's.
- Invloed van vervuiling op de membraanparameters in het model.
- Optimaliseren van de scenario's om tot een positief resultaat te komen.

De experimenten laten zien dat met het gebruikte membraan een hoge waterflux kan worden behaald. Er wordt echter ook een verlies van nutriënten gezien. Wanneer geen demi-water maar een zoutere oplossing, zoals zout grondwater, als feed-oplossing wordt gebruikt, treedt er zelfs extra verlies van kalium en ammonium op.

- Vervolgonderzoek ligt in het optimaliseren van de draw oplossing. Daarnaast wordt ook nog onderzocht wat de mogelijkheden zijn voor het indikken van de spuistroom m.b.v. een geconcentreerde nutriënten oplossing.
- De experimenten met een spuioplossing zijn reeds gedaan maar de resultaten van de analyses wat betreft transport van gewasbeschermingsmiddelen en andere organische componenten zijn nog niet gedaan. Verder onderzoek moet uitwijzen wat hiervan de praktische mogelijkheden zijn.
- De experimenten geven alleen een beeld van het watertransport en zout transport op de korte termijn. Lange termijn effecten zoals biologische vervuiling, kunnen met deze experimenten niet worden waargenomen. Een langdurig experiment op pilotschaal kan hier beter inzicht in geven.

4 Werkpakket 3: Telen met toelating hoger natrium

4.1 Inleiding

Natrium (Na) ophoping leidt uiteindelijk tot groeiremming of problemen met vruchtkwaliteit. Een te hoog natriumgehalte in het recirculatiewater (of angst daarvoor) is de belangrijkste oorzaak van spui. Ondanks de vele onderzoeken in het verleden is in de praktijk onvoldoende bekend bij welke gehalten problemen ontstaan. Hierdoor worden in praktijk ruime veiligheidsmarges aangehouden. Doel van dit werkpakket is:

1. Meer kennis van de werkelijke Na-schadedrempels en hier teeltervaring mee opdoen, omdat dit de hoeveelheid lozingen terug zal brengen.
2. Inzicht in de mogelijkheid om door middel van aangepaste K/Ca/Mg verhoudingen de de Na-gevoeligheid kan worden beïnvloed.
3. Ontwikkelen restgootmethode en inzicht verkrijgen in de mogelijkheid spuiwater te concentreren door te telen met gescheiden wortelsystemen.
4. Inzicht over of, en in welke mate de natriumtolerantie van een gewas met humaten kan worden beïnvloed.

4.1.1 Herinterpretatie van drempelwaarden waarboven schade optreedt (Na normen)

De normen voor natrium in het wortelmilieu zijn afgeleid uit de onderzoeksresultaten van het zoutonderzoek in de jaren '80-'90. Bij de interpretatie is de nodige voorzichtigheid toegepast, zodat er ruimte ligt voor verhoging van de drempelwaarden, zonder dat dit tot teeltkundige problemen zal leiden. De Na opname neemt dan ook toe en hierdoor wordt het bereiken van de drempelwaarde uitgesteld en kan spui worden verminderd, bovendien is bij een hoger Na gehalte de spui effectiever. Ook zijn destijds de normen afgeleid van waarden in het wortelmilieu (substraat). Aangezien telers vandaag vrijwel uitsluitend kijken naar drainanalyses, maar ook druppelwater van belang is, is extrapolatie en herinterpretatie van de historische onderzoeksdata van belang.

In het verleden zijn bij het zoutonderzoek beperkt waarnemingen gedaan naar de Na opname door aanpassing van de K/Ca/Mg verhouding. Hieruit en ook uit meer recente onderzoeksresultaten, en praktijkervaringen tonen aan dat hier beslist ruimte ligt. Het onderzoek richt zich op aangepaste K/Ca/Mg verhoudingen en Na om de ondergrenzen voor nutriënten, met name K en het effect daarvan op de Na opname te verkennen.

4.1.2 Restgoot-methode

Een andere aanpak van het probleem van ophoping is via het zogenaamd "oogsten" van Na. Het idee erachter is dat Na voor zover het in de oude bladeren ophoopt geen schade oplevert en via de afvoer van gewasresten uit het teeltsysteem verdwijnt. Het zoeken is naar een methode waarmee enerzijds de Na opname (ophoping in oude bladeren) wordt gestimuleerd en anderzijds de plant geen hinder daarvan ondervindt. In dit verband veelbelovende techniek, is de planten te telen met een gescheiden wortelsysteem. Dit zou kunnen met een dubbele teeltgoot met een tweede druppelsysteem. Een helft krijgt normale voeding, de andere helft krijgt verdund het te lozen drainwater aangeboden. Onderzoek in het verleden toonde aan dat de water- en voedingsopname in grote mate "ontkoppeld" kan worden en dit fenomeen biedt daarom ruimte op deze manier spuiwater "uit te putten" en zo langer te gebruiken, waarmee de hoeveelheid spui sterk kan worden beperkt of mogelijk zelfs kan worden vermeden. Het hiervoor benodigde onderzoek zal zich richten op de vraag naar de juiste dimensionering van de gescheiden wortelhelften c.q. verhouding van het "dubbele" ten opzichte van het standaard systeem, in relatie tot de potentiële hoeveelheid spuiwater. Ook is inzicht nodig in de effecten van de dynamiek in de tijd en wisselende samenstelling van het water, Na, EC en voedingsconcentraties.

4.1.3 Toevoeging van humaten

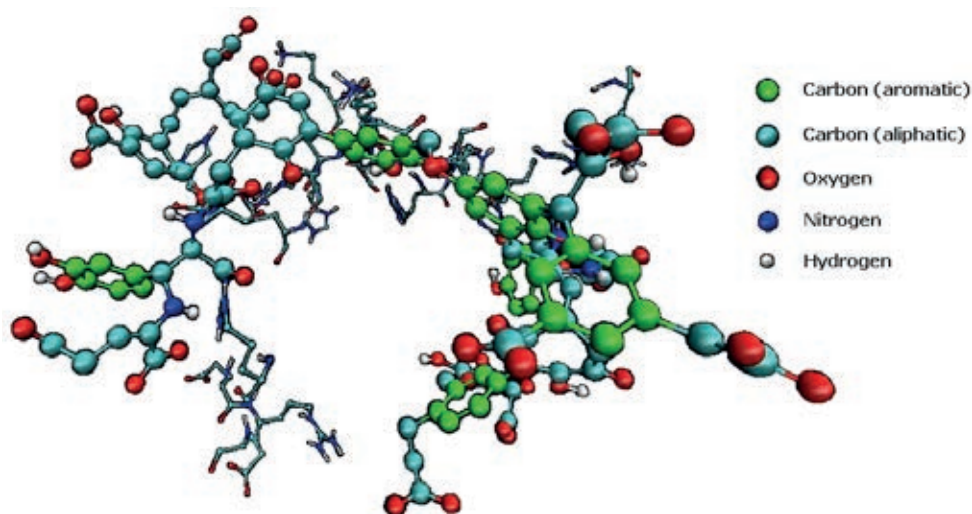
In praktijk wordt gesproken over een hogere tolerantie van gewassen voor natrium bij het gebruik van humaten. Een natuurkundige verklaring ligt in het feit dat humaten kationen binden. Net als veel organische stoffen zijn de humaatmoleculen negatief geladen door de per molecuul veel voorkomende organische zuurgroepen COO⁻. Aan deze ladingplaatsen worden kationen gebonden. In de natuur zijn dat vaak H⁺ en Na⁺. Partner HuminTech levert door productietechniek aangepaste humaten waarin speciaal voor landbouwtoepassingen K⁺ aan de moleculen zit in plaats van natrium (Na⁺). Het is dus mogelijk dat de omwisseling van K met Na uit de plant of de wortelomgeving de natriumstress van de plant verlaagd, waardoor bij hoger natriumgehalten geteeld kan worden. Openstaande vragen hierbij zijn:

- Gaat het humaat de plant in of blijft het in de voedingsoplossing?
- Wordt Na daadwerkelijk gebonden aan de humaten (in of buiten de plant)?
- Geldt dit voor elk humaat molecuul of alleen voor de licht (fulvozuur) of zware (humuszuur) fractie?
- Wat is een effectieve dosis?
- Hoeveel natrium kan gecompenseerd worden?
- Hoe wordt de plantengroei beïnvloedt door natrium-humaat interacties (niet te verwarren met enkele effecten)?

Humaten zijn erg stabiele organische stoffen, gevormd door de microbiële afbraak van organische massa. Humaten zijn een mengsel van humine, fulvozuur en humuszuur. Humine is water onoplosbaar en wordt hier niet verder beschouwd. Fulvozuren zijn geel-bruin, water oplosbaar met een molecuulgewicht van 2000-20.000 g.mol⁻¹ en er is bekend dat ze ijzer, mangaan, zink en koper kunnen mobiliseren. Humuszuren zijn bruin zwart, slaan neer in zuur, hebben een molecuulgewicht van 20.000-200.000 g.mol⁻¹, en er is bekend dat het als een groeihormoon kan werken.



Figuur 4.1 a) Fulvozuur opgelost in water; b) Commercieel humusproduct; c) Humuszuur opgelost in water.



Figuur 4.2 Molecuulstructuur van een klein fulvozuur. Source: Leita et al. 2009.

4.2 Aanpak

4.2.1 Verhoging Natrium bij paprika

Een experiment is uitgevoerd met paprika op steenwol met hergebruik van drainwater. In de proef werden zes behandelingen vergeleken: een reeks met oplopende Na concentratie in het wortelmilieu, bij twee normale en 4 lage K/Ca verhoudingen (Tabel 4.1). Door aanpassing van de Na concentratie in de aanvoer voedingsoplossing is de concentratie aan Na in de drain gerealiseerd. De EC is gelijk gehouden, voor de extra Na is evenredig de hoeveelheid K, Ca en Mg aangepast, NH₄ is gelijk gehouden. De anionen behoeften geen aanpassing. De proef is 7 maanden geteeld van half mei tot half december 2017. Waarnemingen zijn gedaan aan oogst (aantal en gewicht), kwaliteitskenmerken (neusrot, afwijkingen), analyses van gift en drain, enkele keren gewasanalyses en totale biomassa aan het einde van de teelt.

4.2.2 Natrium opname bij een gescheiden wortelsysteem

Planten werden opgekweekt in steenwolpotten waarbij vanaf het zaaien de wortels over twee potten zijn verdeeld, die met folie strikt gescheiden waren. De potten werden op twee naast elkaar geplaatste containers met voedingsoplossing geplaatst, zodat er zich twee aparte wortelstelsels aan een plant konden ontwikkelen. In beide helften werden verschillende behandelingen (EC en Na concentraties) toegepast. Deze werden wekelijks op peil gebracht met water, nutriënten en de gewenste Na concentraties. Een eerste proef van 6 weken is gedaan met komkommers, een tweede proef met tomaat gedurende 14 weken. Zowel de totale opname via de water- en nutriënten aanvoer als via de biomassa werden onderzocht.

4.2.3 Toevoegingen van humaten

Er zijn drie groeitesten uitgevoerd met verschillende gewassen op perliet. Het gebruikte humaat is POW humus geleverd door HuminTech. Dit humaat is een mengsel met meer huminezuur dan fulvozuur.

In de eerste test zijn volgens een bestaand protocol 3 gewassen gebruikt, gerst, sla en Chinese kool (EN 16086, 2011). Met deze test werd vastgesteld welke groei afname was te verwachten bij verschillende natriumgehalten in de voedingsoplossing zoals gebruikelijk in de Glastuinbouw.

In een tweede experiment is volgens protocol Chinese kool gezaaid op perliet met 20 planten per pot en 3 potten per behandeling (EN 16086, 2011). Met deze test werd vastgesteld welke groei afname door 10 mmol/l Na eventueel werd opgeheven door toevoegen van 0, 2.5, 12.5, 25 of 250 mg/l humaat in de voedingsoplossing zoals gebruikelijk in de Glastuinbouw.

In de derde teeltproef is weer Chinese kool gezaaid op perliet met 8 in plaats van 20 planten per pot om het mogelijk hinderen van de groei door te dichte stand tegen te gaan. Er werden 4 potten per behandeling (EN 16086, 2011) gebruikt om voldoende droge stof voor een elementenanalyse van de droge stof te verkrijgen en om dezelfde reden werd iets langer doorgeteeld. Met deze test werd vastgesteld welke groei afname door 10 mmol/l eventueel werd opgeheven door toevoegen van 0, 2.5, 12.5, 25 of 250 mg/l humaat in de voedingsoplossing zoals gebruikelijk in de Glastuinbouw.

4.3 Resultaten en discussie

4.3.1 Verhoging natrium bij paprika

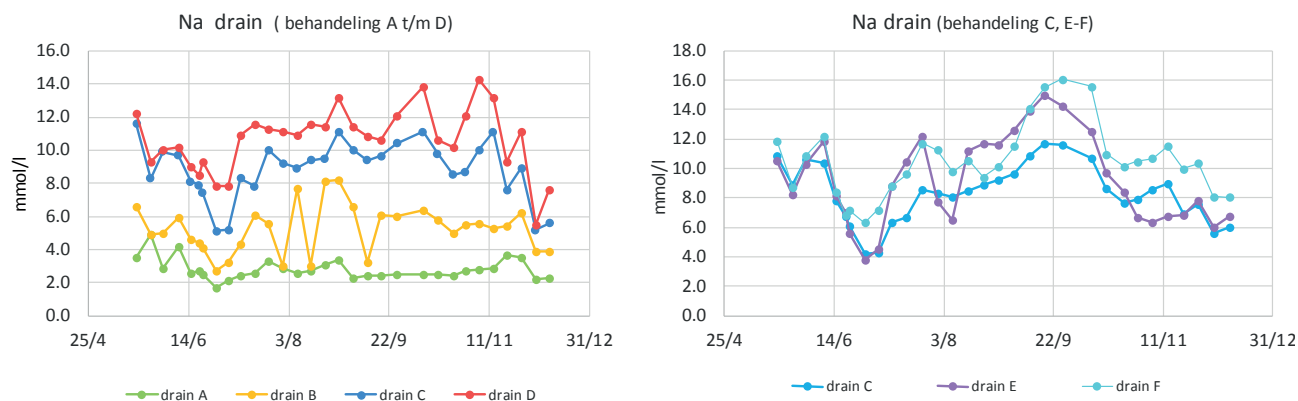
De productie is niet beïnvloed door de Na concentraties. Ook is er geen effect van de K/Ca verhouding op groei en productie (Tabel 4.1). Er is een geringe hoeveelheid neusrot gevonden, maar heeft geen relatie met de Na toediening. Tijdens de teelt zijn er geen afwijkende verschijnselen gezien op de groei of de productie.

Het bleek lastig om de Na concentraties op peil te houden, vooral in de beginfase (Figuur 4.3). In het beginfase, was de water opname de hoogste en de natrium concentratie in de mat en mengbak kon snel oplopen door de relatieve lage natrium opname. Gemiddeld genomen liggen ze op de beoogde niveaus, maar er zijn perioden met hogere en lagere concentraties dan de beoogde. Het is duidelijk dat de behandelingen nagenoeg altijd wel van elkaar verschillend zijn geweest.

Tabel 4.1

Productie (kg/m² en vruchtgewicht g) en vruchtkwaliteit (% neusrot aantal en gewicht) van de proef met Na concentraties en K/Ca verhoudingen in de voedingsoplossing bij paprika.

	Na	K/Ca	aantal/m ²	kg/m ²	Vruchtgew.	% neusrot aantal	% neusrot gewicht
A	2	0.89	88.1	17.1	194	0.68%	0.69%
B	4	0.86	91.8	17.8	194	0.22%	0.19%
C	8	0.93	97.8	18.9	193	0.43%	0.37%
D	10	0.90	87.8	16.7	191	0.51%	0.42%
E	8	1.33	95.6	19.1	200	0.58%	0.91%
F	10	1.35	97.6	19.4	198	0.41%	0.40%

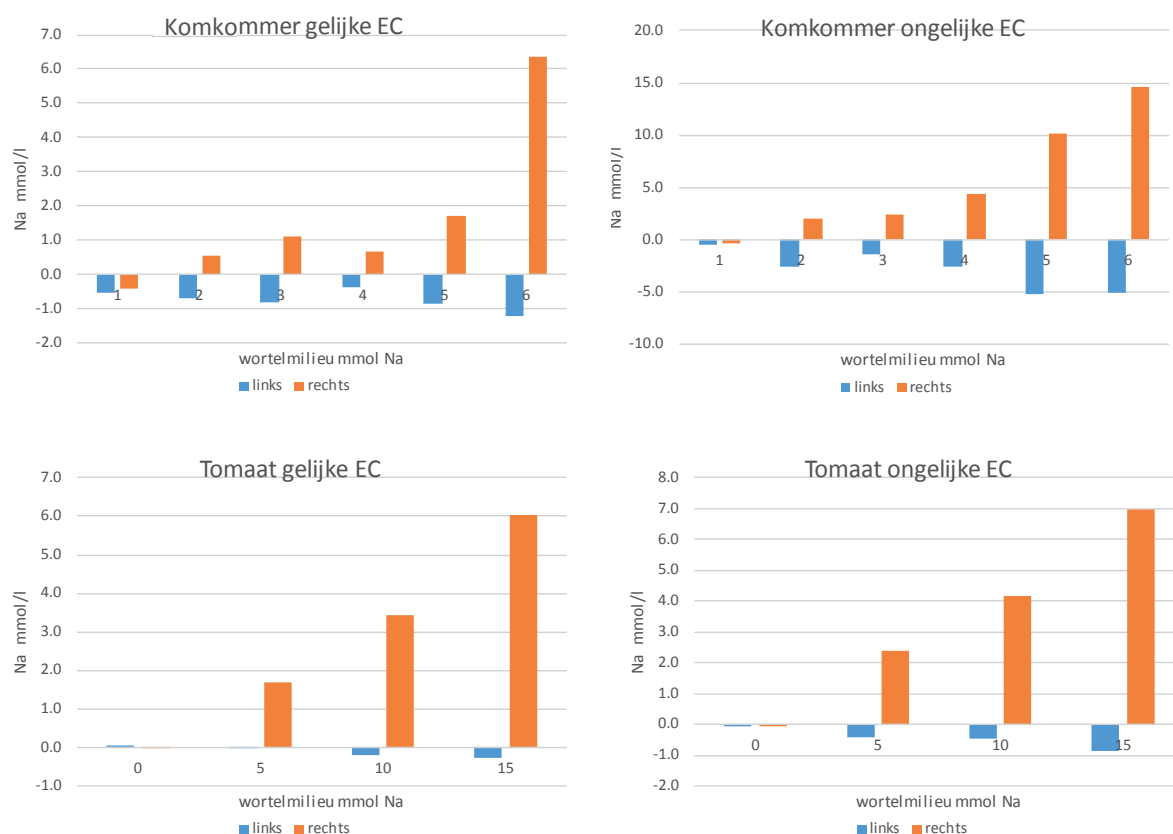


Figuur 4.3 Het verloop van de Na concentraties in de drain bij de behandelingen A t/m D (linker grafiek) en C, E en F (rechts).

4.3.2 Na opname bij gescheiden wortelsysteem

De groei en productie (totale biomassa) in de proeven met gescheiden wortelsysteem werd niet beïnvloed door de EC of Na concentratie in een van beide wortelhelften bij zowel komkommer als bij tomaat. Wel was bij beiden – zoals te verwachten – de wateropname vanuit een wortelhelft met een hogere EC, lager dan vanuit de lagere (normale) EC. De opname van Na uit een wortelhelft blijkt lineair te lopen met de aangeboden concentratie aan het wortelmilieu, zowel bij komkommer als bij tomaat (Figuur 4.4). Dit is conform de resultaten die gevonden zijn met Na concentraties in het gehele wortelmilieu (Voogt en van Os, 2010). Echter er blijkt een transport plaats te vinden vanuit de hoge Na helft naar de lage Na helft, dit werd zichtbaar uit stijgende Na concentraties in de loop van de proef. Hierdoor is er een negatieve uitkomst van de Na opname uit de wortelhelften met 0 Na.

Het vermoeden bestaat dat dit transport door de plant heen is, aangezien alle capillaire contact via het substraat volledig verbroken was. Er zijn dan twee mogelijkheden open: i) transport via het vatenstelsel dóór de wortel en diffusie / actieve uitscheiding door de wortel zelf. ii) capillaire geleiding waarbij het wortelpakket als capillair systeem fungeert. Er zijn aanwijzingen dat het eerste zeker kan meespelen. Blom-Zandstra *et al.* (1998) toonde bij paprika aan dat er ophoping is van Na in de stengelbasis en er ook sprake is van actieve uitscheiding is van Na door de wortel. Als resultaat is echter de netto Na opname door de plant, als de som van beide wortelhelften nog steeds sterk lineair gekoppeld aan het Na aanbod, in dit geval de gemiddelde Na concentratie in het wortelmilieu. Dit blijkt zich vooral in het oudere blad te bevinden en kan daarmee van de plant en dus uit het systeem worden verwijderd. Als 'proof of principle' blijkt de methode te werken, er kan dus worden verder gebouwd aan het ontwikkelen van een teeltsysteem waarbij op deze manier Na 'geogost' kan worden.



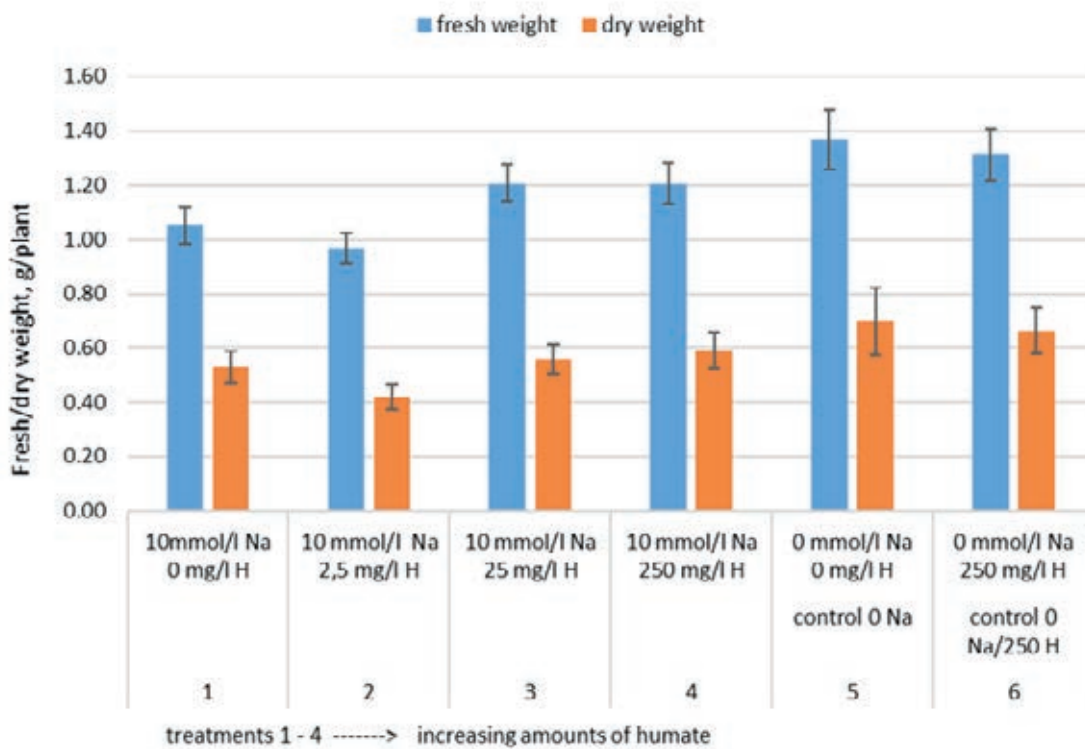
Figuur 4.4 Na opname, berekend als opnameconcentratie in mmol/l, vanuit de linker wortelhelft (0 Na) en de rechterwortelhelft (hoog Na), bij de uniforme EC en bij de niet uniforme EC, van de komkommer- en de tomatenproef. De negatieve waarden duiden op aanreiking van Na in de 0-Na helft via transport door het wortelsysteem.

4.3.3 Toevoegingen van humaten

In een reeks van 0, 4, 8 en 14 mmol/l Na bleek dat een snel oplopende groeiachterstand ontstond vanaf 8 mmol/l Na. Voor de vervolgsteden is daarom gekozen voor 10 mmol/l Na als niveau voor goed waarneembare maar nog wel omkeerbare schade.

In de reeks van 0, 2.5, 12.5, 25 en 250 mg/l humaat met steeds 10 mmol/l Na bleek na 2 weken een visueel waarneembaar betere groei bij toediening van 12.5, 25 of 250 mg/l humaat. Bij het einde van de teelt na vier weken bleek er geen verschil in versgewicht opbrengst te zijn. Ook bleek de hoeveelheid droge stof te klein voor een elementenanalyse op de droge stof.

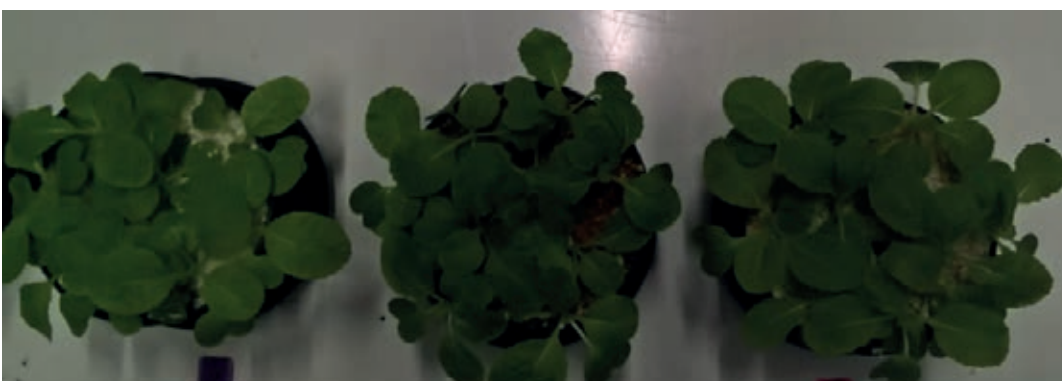
In de tweede en aangepaste reeks van 0, 2.5, 12.5, 25 en 250 mg/l humaat met steeds 10 mmol/l natrium bleek een betere versgewicht groei bij toediening van 12.5, 25 of 250 mg/l humaat. De elementenanalyse wordt binnenkort verwacht en zal worden opgenomen in de rapportage over 2018.



Figuur 4.5 Versgewicht (blauw) en drooggewicht (oranje) opbrengsten bij verschillende behandelingen met natrium (Na) en humaat (H) toevoeging.



Figuur 4.6 Links: 0 mmol/l Na en 0 mg/L humaat. Midden: 10 mmol/l Na en 0 mg/L humaat. Right 10 mmol/l Na en 2.5 mg/L humaat.



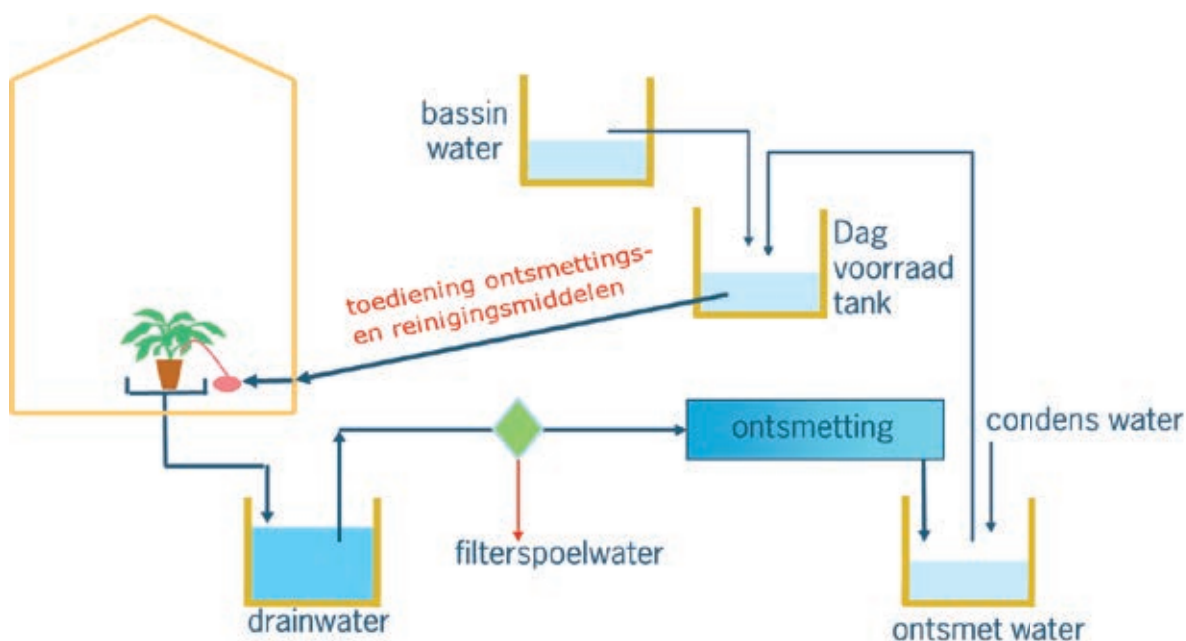
Figuur 4.7 Links: 10 mmol/l Na en 25 mg/L humaat. Midden: 10 mmol/l Na en 250 mg/L humaat. Right 0 mmol/l Na en 250 mg/L humaat.

4.4 Conclusies

- De productie werd niet negatief beïnvloed door de natrium-trappen in de paprikaproef. Ook was er niet meer neusrot.
- Het effect van de K/Ca verhouding om de eventueel nadelige invloed van Na op te heffen kon daardoor niet goed worden nagegaan, maar bleek ook niet negatief.
- Op grond van deze resultaten kan worden vastgesteld dat paprika minder gevoelig is voor Na dan tot nu toe in de praktijk wordt aangenomen.
- In de proef werd tot 10 mmol/l aan Na geen schade gezien; verhoging van de Na norm voor paprika tot 8 mmol/l lijkt daarom veilig te kunnen. Wellicht is 10 mmol/l ook wel haalbaar.
- Het onderzoek met planten in een gescheiden wortelsysteem toonde aan dat groei niet negatief wordt beïnvloed door uiteenlopende Na concentraties in het wortelstelsel.
- Planten blijken in staat zijn om fors extra Na op te nemen bij een gescheiden aanbod van nutriënten en Na.
- Het proof of principle van de restgootmethode lijkt te kunnen werken.
- De resultaten behaald bij paprika kunnen niet zonder meer vertaald worden naar andere gewassen. Onderzoek bij andere teelten is daarom noodzakelijk. Ook het proof of principle van de restgootmethode zal doorontwikkeld moeten worden. In 2018 wordt vervolgonderzoek gedaan met tomaat, waarbij met nog hogere Na concentraties zal worden gewerkt. De restgootmethode zal worden getest met een teeltsysteem op semi-praktijkschaal.
- Aangevoerd is dat het toedienen van (hoge concentratie) humaat aan gewassen geteeld bij een natriumgehalte van 10 mmol/l, de versgewicht-opbrengst verhoogt tot bijna het niveau zonder natrium toevoeging. In 2018 zal verder onderzoek volgen om:
 - beter te begrijpen waarom humaat verlichting biedt bij natriumstress.
 - Na te gaan tot welke natriumgehalten het gunstige effect van humaat blijft bestaan.
 - Na te gaan hoeveel groeiherstel door humaat is te verwachten bij verschillende natrium niveaus.

5 Werkpakket 4: Effect chloorhoudende reinigingsmiddelen op kwaliteit gietwater

Doel van dit werkpakket is inzicht te verkrijgen in welke mate er bij het gebruik van (chloorhoudende) ontsmettings- en reinigingsproducten restproducten worden gevormd, en of dit de waterkwaliteit en de beschikbaarheid van voedingsstoffen voor de plant beïnvloedt. In inleidende gesprekken met telers en voorlichters bleek dat de verschillende producten eigenlijk nauwelijks voor ontsmetting worden gebruikt, maar vooral voor reinigen van het leidingwerk en het voorkomen van de aangroei van een biofilm in de leidingen. Men was vooral bang dat het continue gebruik van producten tot ophoping zou leiden waarbij mogelijk schade aan de planten kan optreden. Daarnaast is men benieuwd of deze producten in de toegepaste concentraties pathogenen doden.



Figuur 5.1 Schematische weergave van het watersysteem op een substraatteeltbedrijf. Toediening van ontsmettings- en reinigingsmiddelen vindt plaats in de dagvoorraadtank om de leiding tot aan de plant vrij te houden van aangroei (biofilm).

Middelen worden als aanvulling op het ontsmetten toegediend. Ontsmetting is een belangrijk onderdeel van een (emissieloos) teeltsysteem. In veel teelten worden verschillende ontsmettingsmiddelen/technieken gebruikt om het watersysteem vrij te houden van pathogenen of de verspreiding ervan te voorkomen. Soms hebben telers de gedachte dat alleen ontsmetting via UV of verhitting niet voldoende is. Aanvullend worden dan vanaf de dagvoorraadtank middelen ingezet.

In dit onderzoek wordt ingezoomd op chloorhoudende producten en waterstofperoxide, waarbij gerbera als pilotgewas is gekozen. Telers hebben nog zeer veel kennisvragen over de gevolgen van diverse chloortoepassingen voor de teelt bij (langdurig) recirculeren. Hierbij is de onderzoeksvraag geherformuleerd:

- Leiden de in de praktijk gebruikte concentraties tot ophoping van stoffen die toxisch zijn voor de plant.
- Is er een neveneffect van de producten tegen (veel voorkomende) pathogenen?

Op dit moment is er veel belangstelling in verschillende gewassen voor de toepassing van elektrolysewater in de teelt. Diverse fabrikanten bieden apparaten aan die allemaal elektrolysewater kunnen maken, maar technisch van elkaar verschillen. Het effect op pathogenen in het watersysteem (zowel in het water als in besmettingshaarden) is nog niet aangetoond, is ook nooit het hoofddoel van het gebruik geweest, maar toeleveranciers claimen successen. Of restproducten zich ophopen is nooit onderzocht. Een vergelijkbaar verhaal kan gemaakt worden voor chloorbleekloog, chloordioxide, waterstofperoxide als of niet met stabilisatoren om de werking te verbeteren.

5.1 Aanpak

In dit onderzoek wordt onderzocht welke positieve en negatieve effecten het gebruik van reinigingsmiddelen hebben in de teelt van gerbera. Er is gestart met een enquête (zie Bijlage 1) onder een aantal geïnteresseerde telers die o.a. chloorproducten gebruiken of hebben gebruikt (in samenwerking met WP 1). Hierin zijn vragen opgenomen om de huidige praktijksituaties betreffende ontsmetting en -reiniging in kaart te brengen.

Gevraagd is naar welke type gerbera's er worden geteeld, op welk substraat maar ook welke reinigings- en ontsmettingsmethoden worden toegepast. Daarnaast ook het waarom van deze methoden en ook hoe de effectiviteit wordt vastgesteld.

Aan de hand van uitkomsten van deze enquête zijn labproeven ingezet met een veel voorkomend pathogeen en drie producten (chloorbleekloog, chloordioxide en waterstofperoxide) die het meest genoemd werden in de enquête. Hierbij is het product in verschillende concentraties aan een levende schimmel (Fusarium) op een petrischaal toegediend.

Na deze labproeven is begin oktober gestart met een kasproef met jonge gerberaplanten. Hierbij zijn op 24 tafels die onafhankelijk van elkaar water krijgen bij een paar behandelingen ook een aantal planten besmet met Fusarium. Hierna zijn 2 producten (chloordioxide en waterstofperoxide met zilverstabilisator) in 5 concentraties in 2 herhalingen toegepast om te zien of ophoping van bepaalde stoffen gaat plaatsvinden. Deze proef loopt nog tot eind januari 2018.

5.2 Resultaten en discussie

5.2.1 Enquête

Uit de enquête (zie Bijlage 1) is het volgende gekomen:

- De helft van de telers teelt grootbloemig en de helft mini gerbera's.
- De meesten telen in steenwolcubes.
- Ontsmetting: verhitten en UV.
- Aanvullend wordt nog gebruikt: waterstofperoxide, chloorbleekloog, ECA-water, ClO_2 .
- Toediening continu, meestal in mengbak.
- Sommige meten de effectiviteit door kiemgetal te laten bepalen en in sommige gevallen wordt een DNA-check uitgevoerd.
- Wat betreft zuivering van het lozingswater zijn twee telers met nullozing en daarbij is geen zuivering nodig. Bij een teler wordt de HD-UV uitgebreid met het toevoegen van peroxide.
- Reden van lozing: Calamiteiten (kapotte apparatuur, overloop tanks).
- Bij ziekten werden vooral Pythium en Fusarium genoemd.
- Gevoelige cultivars: Petticoat, Whisper, Optima, Nacho, Don Leo.

5.2.2 Labproeven

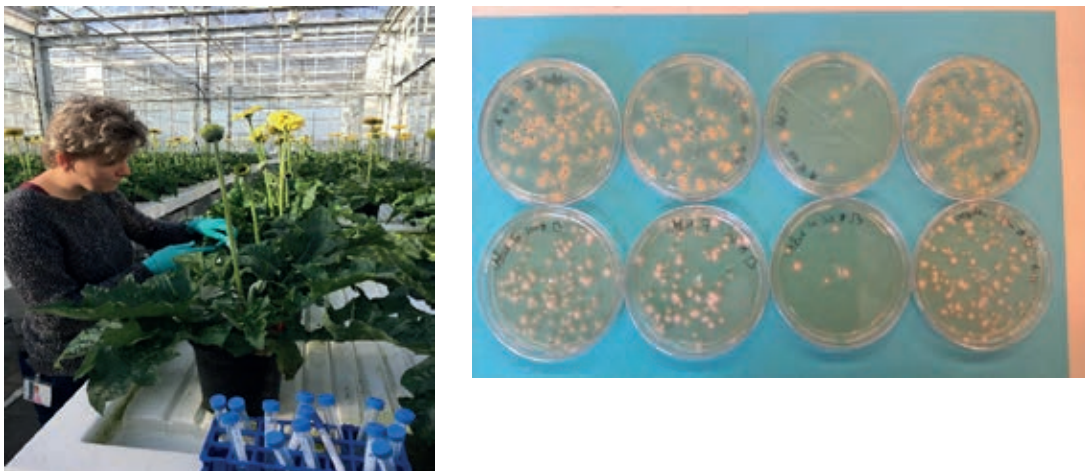
In een eerste oriënterende labproef (methodiekbepaling) is voor chloorbleekloog gekozen en dit is in hoge concentraties (16, 20 en 24%) toegepast. Concentraties zijn gekozen op basis van onderzoek van Wubben, (199x) waarbij de effectiviteit van chloorbleekloog en Fusarium in plantmateriaal werd onderzocht. Hierna werd geen Fusarium meer aangetroffen. De praktijk doseert echter 0,2% om leidingen te reinigen, en bij kasontsmetting 3%.

Na een gesprek met een teeltadviseur waarbij de hoge concentraties en de toepassing in de praktijk aan de orde kwam is besloten om de labproeven voort te zetten met chloordioxide en waterstofperoxide met zilver stabilisator.

Chloordioxide (ClO_2) is in drie labproeven toegepast met verschillende concentraties. Pas bij 5-10 mg/l (ppm) is een duidelijke afname van Fusarium te zien. De praktijk doseert: <1 mg/l.

Waterstofperoxide met zilver geeft in drie labproeven pas lichte afname van Fusarium vanaf 160 mg/l. Praktijk doseert: 25 mg/l. Aangezien dit uitplaatproeven zijn, zijn bovenstaande getallen nog geen richtlijn voor de praktijk maar alleen een indicatie: om leidingen te reinigen zijn lagere concentraties toereikend als voor het doden van pathogenen.

In dit onderzoek gaat het echter om de eventuele ophoping van stoffen en de mogelijk schade die dit kan veroorzaken aan de planten met een mogelijke neveneffect op een ziekteverwekker.



Figuur 5.2 Inoculatie van planten in de kasproef (links); uitgroei van *Fusarium* op voedingsbodem na toediening van reinigingsmiddel in verschillende concentraties.

5.2.3 Kasproef

In een kasafdeling met 24 tafels zijn jonge gerberaplanten (cultivar Don Leo) neergezet.

Chloordioxide (0,2, 2, 5, 8 en 10 mg/l) en waterstofperoxide met zilver (40, 80, 160, 250 en 300 mg/l) zijn toegevoegd aan het voedingswater. Per tafel staan 14 planten, hiervan zijn er zes geïnoculeerd (besmet) met *Fusarium*. Tijdens deze teelt wordt de opbrengst aan bloemen (stuks en gewicht), de kleur van het gewas, de nutriënten en de ophoping van chloraat gemeten. Aan het eind van deze proef zal ook nog worden gekeken of er naast de eventuele schade aan de planten ook nog een nevenwerking is tegen *Fusarium*.

De teelt duurt tot half januari 2018. Tussen de behandelingen zijn er half december geen opbrengstverschillen te zien, er is ook geen wegval door *Fusarium*. In de behandelingen met ClO₂ lopen de natrium concentraties op.



Figuur 5.3 Tijdens het water Event bij Wageningen University & Research Glastuinbouw op 5 oktober 2017 is aandacht besteed aan deze proef met poster en toelichting.

5.3 Conclusies

De enquête en ook andere gesprekken met telers en voorlichters heeft inzicht gegeven over het gebruik van reinigings- en ontsmettingsmiddelen aanvullend aan de ontsmetting die toch al wordt gebruikt.

De labproeven geven een indicatief beeld van de concentraties waarbij een neveneffect tegen een pathogeen is te verwachten. Gekozen is voor *Fusarium*, een moeilijk te doden organisme. Het huidige gebruik van reinigingsmiddelen gebeurt bij veel lagere concentraties als wanneer doding van pathogenen lijkt op te treden.

Twee producten (chloordioxide en waterstofperoxide met stabilisator) zijn in een gerberaproef in de kas gebruikt om te zien of ophoping plaatsvindt. De resultaten zijn bemoedigend: voor het eerst krijgen we inzicht in deze producten onder vergelijkbare omstandigheden.

De teeltproef stopt half januari. Voor 2018 zou in een kasproef met kleinere planten andere middelen (ECA water, chloorbleekloog) getest kunnen worden.

Literatuur

- Appelman, A., Creusen, R., Jurgens, R., Medevoort, J. van, Zijlstra, M., Os, E.A. van, 2012.
Glastuinbouw Waterproof, substraatteelt – WP5 onderzoek fase 3 (pilotonderzoek membraandestillatie). TNO Rapport.
- Appelman, W. ; Creusen, R. ; Koeman, N. ; Paalman, M. ; Raterman, B. ; Voogt, W. , 2014
Vergroten zelfvoorzienendheid watervoorziening glastuinbouw: watervraag glastuinbouw Haaglanden : deelrapport A, 96p.
- Beerling, E. 2011.
Reducing pesticide emission from greenhouses: a joint agenda setting. Bulletin IOBC/WPRS Bulletin 68 (2011) - p.5-9
- Beerling, E., Os E. van, Ruijven, J. van, Janse, J., Lee, A and Blok, C., 2016.
Water-efficient zero-emission greenhouse crop production: a preliminary study. Proc. IS on New Technologies and Management for Greenhouses. Acta Hort. In press
- Beerling, E.A.M., C. Blok, A.A. Van der Maas and E.A. Van Os (2014).
Closing the Water and Nutrient Cycles in Soilless Cultivation Systems. Proc. IS on Growing Media & Soilless Cultivation. Eds.: C. Blok *et al.* Acta Hort. 1034, ISHS 2014: 49-56
- Blom-Zandstra, M., *et al.* (1998).
"Sodium fluxes in sweet pepper exposed to varying sodium concentrations." Journal of experimental botany 49(328): 1863-1868.
- Cath, T., Childress, E., Elimelech, M., 2006.
Forward osmosis: Principles, applications, and recent developments. Journal of Membrane Science 281, 1–2, p70–87
- Gezonde Groei, Duurzame Oogst, Tweede nota duurzame gewasbescherming periode 2013 tot 2023. Rapport Ministerie van Economische Zaken mei 2013. 46 p
- Hofland-Zijlstra, J., De Vries, R., Blok, C., De Boer, P., IJdo, M., Van den Bosch, C., Ayik, A., Bruning, H., 2013.
Ontwikkeling van veilige toepassingen voor gewasbehandelingen met elektrolysewater in de glastuinbouw. Rapport GTB-1240. 50 p
- Jansen, R.M.C., Ruijven, J.P.M. van, Os, E.A. van, Staij, M. van der, Blok, C., Maas, A.A. van der, Beerling, E.A.M., 2013.
Verkenning naar zuiveringstechnieken voor verwijderen van GBM uit glastuinbouw spuiwater. Bleiswijk: Wageningen UR Glastuinbouw, Rapport GTB-1231.
- Kromwijk, A. in press.
Recirculatie potorchidee. Wageningen UR Glastuinbouw, Bleiswijk.
- Lans, A.M. van der, Bisseling, E., 2012.
Filtratie van pirimifos-methyl uit condensvocht van bewaarcellen behandeld met actelic. Lisse: PPO-BBF.
- Maas, A.A. van der, Os, E.A. van, Enthoven, N., Blok, C., Beerling, E.A.M., 2012.
Zuivering recirculatie water in de rozenteelt, duurproef – Werkpakket 1: voorkomen groeiremming. Bleiswijk: Wageningen UR Glastuinbouw, Rapport GTB-1198.
- Marrewijk, I. van, 2013.
Waterwaarden, grenswaarden voor goed water. Rapport: PT14565. 25 p
- Modern Water, Al Najdah desalination plant; flyer over FO voor ontzouting zeewater, via: http://www.modernwater.com/assets/downloads/Factsheets/MW_Factsheet_Al_Najdah_HIGHRES.pdf (laatst bezocht: 15-07-2016)
- Parsons, S., 2004.
Advanced oxidation processes for water and wastewater treatment; Chapter 5: Fenton Process. S. Wadley and T.D. Waite London, UK
- Post, W., Klein-Buitendijk, H., 1996.
Zoutonderzoek bij paprika. Invloed van natrium, calcium en kalium/magnesium verhoudingen op productie en kwaliteit. Intern verslag PBG Naaldwijk 29, 36.
- Ruijven, J. van, Os, E. van, Staij, M. van der, Beerling, E., 2013.
Evaluatie zuiveringstechniek voor de verwijdering van gewasbeschermingsmiddelen uit lozingswater glastuinbouw. Wageningen UR Glastuinbouw, Rapport GTB-1222.

- Ruijven, J.P.M. van, Beerling, E.A.M., Os, E.A. van, Staij, M. van der, 2014.
Evaluatie zuiveringstechniek voor verwijdering gewasbeschermingsmiddelen II. Wageningen UR
Glastuinbouw, Rapport GTB-1334.
- Sonneveld, C., 2000.
Effects of salinity on substrate grown vegetables and ornamentals in greenhouse horticulture, Effects of salinity on substrate grown vegetables and ornamentals in greenhouse horticulture.; 2000. :151 pp. many ref. Landbouwwuniversiteit Wageningen (Wageningen Agricultural University), Wageningen.
- Sonneveld, C., Voogt, W., 2009.
Plant nutrition of greenhouse crops. Springer, Dordrecht.
- Sonneveld, S., Voogt, W., 1990.
Response of tomatoes (*Lycopersicon esculentum*) to an unequal distribution of nutrients in the root environment. *Plant and Soil* 124, 251-256.
- Sonntag, C. von, Gunter, U. von, 2012.
Chemistry of ozone in water and wastewater treatment. IWA Publishing, London, UK.
- Stalduinen, J.v., Voogt, W., 2013.
Niet kunstmest, maar water is belangrijkste bron van natrium (Wim Voogt zet de situatie uiteen). *Onder Glas* 10, 53-53.
- Vliet, H.P.M. van, Wenneker, M., Meulenkamp, R.J.A., 2012.
Waterbehandeling bij fruitsorteerinstallaties: ontwikkeling van een prototype. De Bilt: Grontmij Nederland
- Voogt, W, Balendonck, J, Winkel, A. van, Janse, J., Swinkels, GJ. 2015.
Emissiemanagement grondgebonden teelten. Wageningen UR Glastuinbouw, Bleiswijk. Rapport GTB-1351. 36 p
- Voogt, W., Blok, C., Slegers, J., 2014.
Hoe schadelijk is natrium? *Vakblad voor de Bloemisterij* 69, 26-27.
- Voogt, W., Elzen, C.v.d., 1989.
Tomatoes. Salt accumulation in the root environment is not by definition problematical. *Groenten en Fruit* 45, 54-55.
- Voogt, W., Os, E.A.van., 2012.
Strategies to manage chemical water quality related problems in closed hydroponic systems. *Acta Horticulturae* 927, 949-955.
- Vulto, V.C., Beltman, W.H.J., 2007.
Overzicht van zuiveringsmethoden voor reststromen met bestrijdingsmiddelen. Wageningen UR Alterra, Projectrapport 5233323/2.
- Werd, H.A.E. de, Wenneker, M., Looij, J.H., Beltman, W.H.J., Lans, A.M. van der, Huiting, H.F., Bruine, J.A. de, Zeeland, M.G. van, 2012.
Biologische zuivering van water verontreinigd met GBM: onderzoeksresultaten 2008 t/m 2011. Randwijk: PPO-BBF.

Bijlage 1 Vragenlijst

Vragenlijst telers t.b.v. WP1 en WP4 van PPS Voorkomen en bestrijden emissies kasteelten

Algemeen:

- Welk gewas wordt geteeld?
- Op hoeveel hectare wordt geteeld?
- Welk teeltsysteem wordt gebruikt?
 - Goten/tafels/betonvloer/vollegrond.
 - Substraat.
 - Teeltsysteem gescheiden van de ondergrond?
- Worden chemische gewasbeschermingsmiddelen gebruikt?
- Wordt het drainwater ontsmet voor hergebruik? Zo ja, met welke techniek?
- Welke zuiveringsinstallatie is aanwezig/wordt aangeschaft/wordt ingehuurd voor het verwijderen van GBM uit lozingswater?

Infrastructuur:

- Welke waterbuffers zijn er?
- Welke afmetingen hebben de waterbuffers?
- Wordt een dagvoorraad gebruikt voor irrigatie?
- Is er capaciteit voor opslag bij calamiteiten?
- Komt overloop van waterbuffers voor?

Teeltwisseling:

- Hoeveel teeltwisselingen zijn er per jaar?
- Welke reinigungsacties worden tijdens de teeltwisseling uitgevoerd?
 - Reinigen en ontsmetten irrigatieleidingen
 - Reinigen kasdek.
 - Schoonspuiten en ontsmetten teeltgoten/teeltvloer/teelttafels.
- Welke reinigungs-/ontsmettingsmiddelen worden er gebruikt voor de verschillende reinigungsacties?
- Waar gaat het water heen dat vrijkomt bij de teeltwisseling?
 - Betonpad (doorspoelen leidingen, verwijderen eindkap), wordt dit opgevangen?
 - Ondergrond.
 - Opgevangen, gefilterd en hergebruikt.
- Om hoeveel water gaat het dan? Kunt u de komende teeltwisseling de watermeter aflezen voor en na reinigen?
- Wat wordt met het restant drainwater aan het einde van de teelt gedaan?
 - Kunt u een inschatting geven van het volume drainwater (m³/ha of m³/bedrijf).
- Wat wordt met het slib onderin de waterbassins/tanks gedaan? Hoe vaak worden de silo's gereinigd? Hoeveel slib wordt er dan afgevoerd? Waarheen wordt het slib afgevoerd?

Filterspoelwater:

- Welke typen filters worden gebruikt (zand/SAF/schijven)?
- Welk water wordt gebruikt voor het spoelen van de filters? (onbemest regenwater/bemest water/drainwater)
- Hoeveel water wordt gebruikt per spoeling?
- Hoe vaak worden de filters gespoeld?
- Wat wordt er gedaan met het filterspoelwater?
 - Hergebruikt via vuil draintank.
 - Geloosd via rioolbuffer op riool.
 - Geloosd op oppervlaktewater.

Drainagewater (water uit de drainagebuizen/onderbemaling):

- Wordt drainagewater opgevangen voor hergebruik?
- Hoe diep ligt de drainage/onderbemaling ten opzichte van het grondwater?
- Hoeveel drainagewater is er op jaarbasis? Last van kwel en inzijging? Hoeveel?
- Hoeveel procent lekkage treedt op in het teeltsysteem (inschatting)?

Andere waterstromen:

- Zijn er andere waterstromen op het bedrijf die geloosd worden (op riool of oppervlaktewater)? (bijvoorbeeld fustwater, transportwater, waswater product, voorbehandeling product).
- Om hoeveel water gaat het dan?

Bijlage 2 Werkwijze voorkomen emissies substraatteelten



Werkwijze voorkomen emissies teeltwisseling substraatteelt

Versie 7-11-2017

Contact: jim.vanruijven@wur.nl

In deze brochure wordt beschreven hoe emissies tijdens de teeltwisseling bij substraatteelten voorkomen kunnen worden. Waar mogelijk en veilig door hergebruik, anders door correcte verwerking van de waterstromen. Het voorkomen van emissies tijdens de teeltwisseling is onderdeel van een lopend onderzoek. Dit document zal daarom gedurende de looptijd van dit onderzoek regelmatig een update krijgen. Kijk voor updates op www.glastuinbouw.wur.nl of www.glastuinbouwwaterproof.nl.

Goede hygiëne is een belangrijke voorwaarde voor het voorkomen van ziekten en plagen in de nieuwe teelt. Daarom worden tijdens een teeltwisseling alle onderdelen van de kas zo goed mogelijk gereinigd en ontsmet, zodat weer met een schoon systeem begonnen kan worden aan een nieuw teeltseizoen. Als er gewasbeschermingsmiddelen worden gebruikt, moet per 1 januari 2018 drainwater bij substraatteelt, drainagewater bij grondgebonden teelt en spoelwater van filters (als voor het spoelen van het filter bemest water wordt gebruikt), voorafgaand aan de lozing gezuiverd worden met een installatie die de middelen voor ten minste 95% uit het water verwijdert. Het doel van deze maatregel is het verbeteren van de kwaliteit van het oppervlaktewater. Ook tijdens de teeltwisseling kan er water met gewasbeschermingsmiddelen (en meststoffen) in de drainopslag of (via de grond) in het drainagewater terecht komen. Het is belangrijk om ook deze emissies aan te pakken omdat deze emissies de daadwerkelijke verbetering van de oppervlaktewaterkwaliteit in de weg kunnen staan.

We onderscheiden de volgende rest-waterstromen, die hieronder nader worden toegelicht:

- 1) Restant water in draintanks,
- 2) Slib uit silo's en bassins,
- 3) Restant water in substraatmat einde teelt,
- 4) Reinigen en ontsmetten van het watergeefstelsel,
- 5) Reinigen en ontsmetten van teeltgoten, -tafels en rolcontainers,

- 6) Reinigen binnenzijde kasdek,
- 7) Reinigen teeltvloeren,
- 8) Vrijkomend drainwater bij doorsteken steenwol matten,
- 9) Vrijkomend water bij bufferen kokosmatten,
- 10) Vrijkomend drainwater bij start teelt.

Wettelijk hoeven dus alleen het drainwater, drainagewater bij grondgebonden teelten en filterspoelwater (indien gespoeld met drain- of bemest gietwater) gezuiverd te worden voor lozing. Waterstromen die tijdens de teeltwisseling in de drainput terecht komen, kunnen niet los gezien worden van drainwater en zullen daarom beschouwd moeten worden als drainwater.

(1) Restant water in draintanks

Doel: schoon water bij start van een nieuwe teelt

Bij het einde van de teelt blijft altijd water achter in zowel de vuil- als de schoonwatersilo. In dit water zijn meststoffen (en gewasbeschermingsmiddelen) aanwezig in een samenstelling die bij het einde van de teelt hoort. Deze samenstelling is anders dan bij de start van een nieuwe teelt. Verder kan de concentratie natrium in het recirculatiewater tijdens de teelt zijn opgelopen, wat aan het einde van de teelt zowel in het substraat als in het restant water in de silo's terug te vinden is.

Voorkomen:

Volledig opmaken bij het einde van de teelt, door sterk verlagen van de watergift met bijmengen van restanten drainwater. Deze Einde-teeltstrategie is geschikt voor een teelt met nullozing en bestaat uit de volgende stappen:

- Geleidelijke afname van gift (per eenheid stralingsom)
- Aanpassing voedingsamenstelling gift door:
 - verlagen nitraat en fosfaat bij gelijke kationgift, door chloride te gebruiken
 - pH verlagen (verhogen ammonium-nitraat verhouding) om fosfaat + sporelementen beschikbaar te houden
- Het restant water in de mat wordt verdampt en de overtollige zouten blijven in de mat aanwezig. Op deze manier worden alle restanten natrium afgevoerd met het substraat.

Voor meer details zie rapport 'Emissieloze tuinbouw: teeltwissel strategie' (Blok et al., 2016).

Hergebruik:

Ontsmetten en/of zuiveren en bijmengen in de nieuwe teelt. Ook deze methode is geschikt voor een emissieloze teelt. Voorwaarden voor veilig hergebruik zijn:

- 1) Ziekteverwekkers en andere micro-organismen worden gedood (bijv. door UV, verhitter, geavanceerde oxidatie) of verwijderd (bijv. door filtratietechnieken);
- 2) Organisch materiaal wordt zoveel mogelijk verwijderd (filtratietechnieken) of afgebroken (bijv. geavanceerde oxidatietechnieken), met de installatie die ook wordt ingezet voor ontsmetting in de recirculatie (let op: slechts met bepaalde technieken mogelijk!);
- 3) Rekening houden met samenstelling in bijmengen met verse meststoffen om te komen tot de gewenste meststoffensamenstelling in de voedingsoplossing;
- 4) Indien dit water veel natrium bevat kan het voor hergebruik worden verwijderd met een selectieve ontzoutingsmethode (bijv. ionenwisseling, membraanfiltratie).

Verwerking bij lozing:

Zuiveren en lozen binnen emissienormen stikstof. Het water in de (vuil en schoon) drain silo's bevat mogelijk restanten gewasbeschermingsmiddelen en zal daarom per 1-1-2018 voorafgaand aan de lozing moeten worden gezuiverd met een goedgekeurde zuiveringsinstallatie. De hoeveelheid stikstof die op deze manier geloosd wordt, moet opgeteld worden bij de eventuele andere lozingen tijdens de teelt en tezamen passen binnen de emissienormen stikstof (www.infomil.nl). Deze emissienorm wordt steeds strenger en op termijn (2027) is lozen (nagenoeg) niet meer toegestaan.

(2) Slib uit silo's en bassins

Doel: verwijderen infectiebron pathogenen en andere ongewenste micro-organismen en behoud silocapaciteit

In het regenwaterbassin ontstaat gedurende het seizoen een sliblaag op de bodem, die o.a. bestaat uit resten van waterplanten, algen, vogelpoep en zand/stof vanaf het kasdek. Hierin kunnen ook sporen van ziekteverwekkers aanwezig zijn. Deze sliblaag kan een deel van de opslagcapaciteit van het regenwaterbassin opvullen waardoor de beschikbaarheid van goed gietwater kan teruglopen, en het kan de waterkwaliteit (negatief) beïnvloeden. Een sliblaag in het regenwaterbassin kan deels voorkomen worden door het afdekken van het bassin. Door gespecialiseerde bedrijven kan de sliblaag verwijderd worden. Het slib wordt uit het regenwaterbassin opgezogen en direct (ongezuiverd) afgevoerd via de rioolbuffer.

Ook in de drainwater silo's (m.n. de vuil drainwater silo) vormt zich tijdens de teelt een sliblaag, door het neerslaan van organisch materiaal op de bodem en de aangroei van bacteriën. In veel gevallen wordt het spoelwater van filters ook teruggevoerd naar de vuil-drainwater silo. Het vuil uit het spoelwater hoopt ook op in deze tank. Deze sliblaag kan een invloed hebben op de pH, de microbiële samenstelling van het water en het zuurstofgehalte en kan ziekteverwekkers en andere ongunstige micro-organismen bevatten. Omdat in deze silo's drainwater wordt opgeslagen, zitten er ook meststoffen en gewasbeschermingsmiddelen in de sliblaag. Bij het verwijderen van het slib met een waterstofzuiger wordt veel aanhangend water meegenomen.

Voorkomen:

- Het afdekken van regenwaterbassin en drainsilo's voorkomt inwaaien van slibvormend materiaal. Daarnaast voorkomt het ook groei van algen. Filteren van het opgevangen regenwater kan ervoor zorgen dat ook in het regenwaterbassin veel minder slib gevormd wordt. Een groot deel van het slib in de vuil drainwater silo komt uit het spoelwater van filters, als dit wordt hergebruikt. Als filters zonder spoelwater worden gebruikt (bijvoorbeeld kaarsfilters of doekfilters) dan kan de hoeveelheid slib sterk verminderd worden. Omdat in de drainwater silo's water wordt opgeslagen met nutriënten en opgeloste organische stoffen, kan groei van micro-organismen niet helemaal voorkomen worden.

Hergebruik:

- Het opgezogen slib wordt zoveel mogelijk gescheiden van het water, bijvoorbeeld door het laten bezinken in een bezinkput en het terugvoeren van het bovenstaande water. Het gewonnen water wordt bij voorkeur teruggevoerd naar de vuil-drainwater tank. Van hieruit kan het water geschikt gemaakt worden voor hergebruik.

Verwerking:

- Men kan het slib na het opzuigen laten bezinken, het bovenstaande water terugvoeren naar de vuil-drainwatersilo en het slib laten indrogen (voor zover daar ruimte voor is) en laten ophalen. Het slib kan direct op een gecontroleerde manier afgevoerd worden. De huidige installaties zijn niet voor deze toepassing goedgekeurd, maar zijn bovenal ook niet geschikt om dit water te zuiveren.

(3) Restant water in substraatmat einde teelt

Doel: voorkomen van onnodige afvoer van meststoffen en afspoelen meststoffen en GBM naar oppervlaktewater

Bij de teeltwisseling worden doorgaans één keer per jaar ook de substraatmatten vervangen. De matten zijn bij voorkeur zo droog mogelijk, maar bevatten nog steeds drainwater met meststoffen en gewasbeschermingsmiddelen (indien deze zijn gebruikt tijdens de teelt). De matten worden de kas uit gehaald en vervolgens naar buiten gereden. Uit deze berg substraatmatten loopt drainwater en als het regent dan worden ook nog extra meststoffen en gewasbeschermingsmiddelen uit de matten gespoeld. Dit zogenaamde percolaatwater kan een directe bron van vervuiling van het oppervlaktewater zijn, indien hier niet goed mee wordt omgegaan.

Voorkomen:

- De mat wordt zoveel mogelijk droog-getrokken (watergehalte 20%) met minimale hoeveelheden nitraat en fosfaat (zie onderdeel 1). Hiervoor wordt ca. vier weken voor einde van de teelt de watergift en ook de EC in de gift wekelijks verlaagd. Bij verwachte neerslag kunnen de opgeslagen matten worden afgedekt om uitspoeling te voorkomen.

Verwerking:

- Tijdelijke opslag op het erf kan het beste in een verlaagd gedeelte van het erf plaatsvinden, zodat eventueel vrijkomend restwater kan worden opgevangen en gezuiverd, voordat het op de riolering wordt geloosd. De matten horen in een *lekdicte* container door een afvalverwerker opgehaald te worden voor verwerking. De matten kunnen vanuit de kas ook rechtstreeks in de lekdicte container worden gebracht.

(4) Reinigen en ontsmetten van het watergeefstelsel

Doel: verwijderen van minerale en organische aanslag uit de leidingen

In het irrigatiesysteem ontstaat tijdens de teelt aanslag aan de binnenzijde van leidingen. Deze aanslag is deels van minerale oorsprong, wat ontstaat door neerslag van meststoffen. Daarnaast ontstaat door aangroei van micro-organismen in de leidingen ook een biofilm, beginnend in hoeken van het systeem en ruwe plekken op de wand van de leidingen (bijvoorbeeld plaatsen met neergeslagen meststoffen). De biofilmvormende micro-organismen vormen een beschermende slijm laag waarin ook ziekteverwekkende bacteriën, schimmels en virussen zich kunnen vestigen. Biofilm kan daardoor een besmettingshaard voor de teelt zijn, zelfs wanneer het water zelf goed is ontsmet. Het loskomen van stukken vervuiling in de leiding kan zorgen voor verstoppingen van druppelaars of sproeikoppen.

Voorkomen:

- Vervangen van de druppelslangen en druppelaars
- Filtratie van het gietwater voorkomt grove delen (zand, kunststofslijpsel, roest) in het leidingwerk die verstopping kunnen veroorzaken;
- Een pH-waarde van <6.5 van het gietwater voorkomt neerslagvorming van meststoffen;
- Geen toediening van plakkerige materialen na het filter, zoals biologische preparaten;
- Middelen op basis van waterstofperoxide zijn toegestaan voor het verwijderen van organische verontreiniging. Toepassing van lage concentraties tijdens de teelt kan vorming van biofilm voorkomen, zonder schade te veroorzaken aan het gewas en aan druppelaars;
- Deels kiezen voor fosfaatmeststoffen met een reinigende werking (Super-FK, polyfosfaten);
- Beluchten van het water kan biofilmvorming vertragen;
- Als alternatief kunnen de druppelslangen vervangen worden bij het einde van de teelt.

Door lokale verhoging van de pH kan toch neerslag van meststoffen ontstaan en biofilmvorming is in water met gunstige omstandigheden (temperatuur, voedingsstoffen, opgeloste organische stoffen) voor groei van micro-organismen niet geheel te voorkomen. Op basis van de huidige kennis worden de volgende stappen aangeraden voor het verwijderen van minerale en organische aanslag in het watergeefstelsel tijdens de teeltwisseling:

1. Reinigen leidingen:

- *Chemisch (stappen in deze volgorde uitvoeren):*

- i. Reinigen met loog (verhoging pH), waterstofperoxide of ECA-water: verhoging van de pH zorgt ervoor dat biofilm loslaat van de wanden van de leiding en kan worden afgevoerd. Waterstofperoxide en ECA-water breken biofilm (deels) af.
- ii. Reinigen met zuur: onder invloed van de lagere pH lossen meststoffen op / laten los van de wand en kunnen op deze manier afgevoerd worden uit het systeem.

1. Let op: een te lage pH (<2) kan labyrinten van druppelaars beschadigen
2. Let op: als zuur wordt meestal salpeterzuur gebruikt. Dit bevat stikstof en telt daarom bij lozing mee in de emissienormen stikstof. Per teeltwisseling kan het gaan om ca. 3 kg N/ha. Als alternatief voor het verlagen van de pH kan gebruik gemaakt worden van zoutzuur (HCl) of zwavelzuur (H₂SO₄).
3. Let op: reiniging met zuur kan corrosief werken! Let daarom op de gebruikte leidingen, membranen en druppelaars, consulteer leverancier voor de juiste methode voor reinigen.

- *Mechanisch:*

- i. Afzuigen van het systeem
 1. Let op: alleen mogelijk bij druppelaars zonder afsluitende werking
- ii. Doorspoelen van het leidingwerk met hoge druk water en luchtbellen

2. Ontsmetten leidingen:

- Als de aanslag op de wand is verwijderd met de voorgaande stappen, dan kunnen de leidingen ontsmet worden met bijvoorbeeld waterstofperoxide.

Hergebruik:

Momenteel worden meestal de eindkappen van de druppelleidingen afgedraaid en komt het reinigings- en ontsmettingswater op het betonpad of op de ondergrond terecht. Mogelijk bevat dit water gewasbeschermingsmiddelen, die nu via de ondergrond en het drainagewater op het oppervlaktewater terecht kunnen komen. Om het water te kunnen hergebruiken moet het verzameld kunnen worden:

- *Aanleggen van een ringleiding*, waarmee de leidingen bij lage druk kunnen worden doorgespoeld, zonder dat de druppelaars open gaan (alleen met drukgecompenseerde druppelaars). Door het terugkomende water te filteren met bijvoorbeeld een bandfilter, kan het vuil worden afgevangen.
 - Bijkomend voordeel is dat de ringleiding tijdens de teelt gebruikt kan worden om bij een wisseling in recept of toediening van een druppelmiddel overal op hetzelfde moment dezelfde oplossing uit de druppelaars te krijgen.
- *Aanleggen van een afsluitbare spui-leiding*, die het reinigingswater tijdens de teeltwisseling kan afvoeren naar de vuil draintank (voor hergebruik) of rioolwaterbuffer (voor lozing), na openen van de afsluiters aan het einde van de druppelleidingen. Dit kunnen automatisch aan te sturen kranen zijn, maar kunnen ook met de hand worden open- of dichtgedraaid worden.
- Bij gebruik van waterstofperoxide voor het chemisch reinigen van leidingen kan worden overgegaan op hergebruik. Waterstofperoxide vervalt tot water en zuurstof, een proces dat in water met organische stof snel plaatsvindt. Hulpstoffen uit peroxideproduct (bijvoorbeeld perazijnzuur) blijven bij hergebruik wel in het systeem aanwezig en kunnen daar ophopen en zelf weer een voedingsbron zijn voor micro-organismen. Zilver-gestabiliseerde peroxide bevat zilverdeeltjes, die na ontsmettende werking in het watersysteem achterblijven. ECA-water bevat chloriden, die kunnen ophopen in het teeltsysteem als er teveel wordt toegevoegd.
- Bij gebruik van salpeterzuur voor het reinigen met zuur kan worden overgegaan op hergebruik, omdat nitraat als meststof wordt ingezet.

Verwerking:

- *Opvangen van het reinigings- en ontsmettingswater en indien mogelijk zuiveren vóór lozing op de riolering.* Bij vermenging met restant drainwater is zuivering verplicht.
- *Waterafvoer van betonpad opvangen en afvoeren naar de riolering (indien mogelijk gezuiverd).*
- *Let op capaciteit afvoer en pomp; regelmatig worden hiervoor extra pompen geïnstalleerd, waardoor de drainwaterafvoer ook robuuster wordt.*

In onderzoek:

- Reinigen en ontsmetten van het watergeefstelsel (zowel voor druppelsysteem als bovenlangs irrigeren) is onderdeel van een nieuw onderzoeksproject in 2018, waarin strategieën worden ontwikkeld die kunnen worden toegepast in een teelt met nullozing.

(5) Reinigen en ontsmetten van teeltgoten, -tafels en rolcontainers, en fust

Doel: verwijderen organische vervuilingen en pathogeenvrije start van nieuwe teelt

Tijdens de teelt koeken plantenresten en wortels vast aan de teeltgoot en -tafel en er kan op sommige plaatsen algengroei optreden. Het organisch materiaal vormt een broedplaats voor

pathogenen en aan dit materiaal hechten bovendien gewasbeschermingsmiddelen. Het drainwater vormt een dunne waterlaag op de teeltgoot, waar zeker bij zonnig weer door verdamping neerslag van meststoffen kan ontstaan.

Reinigen en ontsmetten van de teeltgoten wordt meestal mechanisch uitgevoerd, met een hoge druk toepassing van heet water, of water met een reinigings- en/of ontsmettingsmiddel. Een deel van dit water komt via de teeltgoten terecht in de vuil draintank, een ander deel komt op het gronddoek terecht en zal deels verdampen en deels weglopen naar de ondergrond.

Hergebruik:

- Bij hoge druk reiniging: Na filtratie kan het opgevangen water weer worden hergebruikt in de teelt. Filtratie kan bijvoorbeeld met een doekfilter worden uitgevoerd.
- Bij reiniging met reinigings- en ontsmettingsmiddelen: indien middelen zijn gebruikt die geen schade aan de teelt veroorzaken, kan het water na filtratie worden hergebruikt (zie redenatie hergebruik bij onderdeel 4).
- Spoelwater van rolcontainers, fust e.d. kan gefilterd en hergebruikt worden in het reinigingsproces, zodat er zo min mogelijk restwater is. Als er dan periodiek water geloosd moet worden moet het bij voorkeur gezuiverd worden (zeker als op oppervlaktewater wordt geloosd), maar het is wettelijk niet verplicht.

Verwerking:

- Indien reinigings- en ontsmettingsmiddelen worden gebruikt die schadelijk voor de teelt zijn (bijvoorbeeld H_2O_2), kan het water beter niet worden hergebruikt. Als dit water gescheiden wordt opgevangen van drainwater, kan het ongezuiverd geloosd worden. als het water in het drainsysteem gemengd wordt met drainwater, kan beschouwd worden als drainwater (vooral als er vermenging plaatsvindt met een restant drainwater in de silo) en moet voorafgaand aan de lozing gezuiverd worden met een goedgekeurde zuiveringstechniek in verband met de mogelijk aanwezige gewasbeschermingsmiddelen.

Het reinigen van teelttafels, rolcontainers en fust vindt vaak plaats op een aparte locatie op het bedrijf, waar het reinigingsproces in een wasstraat wordt uitgevoerd. Binnen dit proces zou het water meerdere keren gebruikt kunnen worden en pas tot lozing overgaan als het water te vuil wordt.

(6) Reinigen binnenzijde kasdek

Doel: zoveel mogelijk licht in de kas en pathogeen-vrije start van nieuwe teelt

Het kasdek is een belangrijk onderdeel van de kas om tijdens de teeltwisseling schoon te maken. Algen-groei en andere vervuilingen verlagen de lichtdoorlatendheid van het kasdek, met verlies aan licht en daarmee verlies aan productie tot gevolg. Daarnaast kunnen sporen van ziekteverwekkers zich op de binnenzijde van het glas bevinden en vandaaruit een infectiebron zijn. Ook gewasbeschermingsmiddelen hechten zich aan het glas tijdens het spuiten of door verdamping vanaf het gewas. In condenswater wordt deze middelen teruggevonden (Van der Staaij & Douwes, 1996), en bij het reinigen van het kasdek komen de middelen in het reinigingswater terecht.

Bij conventionele typen glas wordt vaak gebruik gemaakt van fluorhoudende middelen om het kasdek te reinigen en ontsmetten. Water met deze middelen erin kan niet hergebruikt worden in de teelt. Nieuwe typen glas met een oppervlaktestructuur of coatings kunnen niet gereinigd worden met deze middelen, hiervoor wordt vaak heet water gebruikt.

Een deel van het reinigingswater zal worden opgevangen in de condensgoten, maar het grootste deel zal op de vloer van het bedrijf terechtkomen. Het plastic dat op de vloer ligt is in deze fase van de teeltwisseling in de meeste gevallen al verwijderd, waardoor het water wegloopt naar de ondergrond. Dit water bevat mogelijk gewasbeschermingsmiddelen en kan bij afvoeren van drainagewater naar het oppervlaktewater voor een emissie naar de omgeving zorgen. Hoe groot deze eventuele emissieroute is, moet nog onderzocht worden.

Hergebruik:

- *Water opgevangen in de condensgoten:* alleen hergebruiken als heet water of niet-fluorhoudende middelen gebruikt worden. Anders afkoppelen van afvoer naar regenwaterbassin. Ontsmetting van het water voor afdoden of verwijderen pathogenen vóór hergebruik.

Verwerking:

- Alleen als het water vermengd raakt met drainwater/drainagewater grondteelten moet het *voorafgaand aan de lozing gezuiverd worden*. Lozing bij voorkeur op de riolering.

In onderzoek:

- Emissie gewasbeschermingsmiddelen via onderbemaling

(7) Reinigen teeltvloeren

Doel: verwijderen algen, micro-organismen

Teeltvloeren (beton, Erfgoed) zijn gedurende de teelt een groot deel van de tijd vochtig, waarbij meststoffen, licht en CO₂ zorgen voor gunstige groeiomstandigheden voor algen en andere micro-organismen. Daarnaast kunnen gewasbeschermingsmiddelen zich aan de teeltvloer hechten. Tijdens de teelt wordt vaak preventief gebruik gemaakt van ontsmettingsmiddelen. Een teeltwisseling is het moment om de vloer nog eens goed te reinigen en te ontsmetten voordat gestart wordt met een nieuwe teelt. Alleen betonvloeren en Erfgoedvloeren kunnen ontsmet worden, andere teeltvloeren niet.

Hergebruik:

- 1) *Gebruik geschikte reinigings- en ontsmettingsmiddelen* (zie redenatie hergebruik bij onderdeel 4) voor hergebruik in de teelt;
- 2) *Filter algen en ander organisch materiaal uit de waterstroom met bijvoorbeeld een doekfilter;*
- 3) *Zorg voor goede ontsmetting* van het water vóór hergebruik in de teelt.

Verwerking:

- Omdat vermenging met drainwater bijna onvermijdelijk is, kan dit water gezien worden als drainwater en moet het worden gezuiverd met een goedgekeurde zuiveringstechniek in verband met de mogelijk aanwezige gewasbeschermingsmiddelen.

(8) Vrijkomend drainwater bij doorsteken steenwolmatten

Doel: voorkomen overloop teeltgoten, drainput en silo's

Draingoten, -putten en -pompen hebben een beperkte capaciteit om drainwater naar de vuil drainsilo te transporteren. Bij het doorsteken van steenwol matten komt heel veel water tegelijk vrij, met risico op overloop van het watersysteem in de teeltgoot, de drainput en de vuil drainsilo. Ook dit water kan gewasbeschermingsmiddelen bevatten, als drainwater uit de voorgaande teelt wordt bijgemengd. Overloop van goten, drainput en silo's met dit irrigatiewater zorgt dus voor een emissie van meststoffen en gewasbeschermingsmiddelen.

Als er twee teeltgoten tegelijkertijd leeglopen op de drainafvoer, dan is de kans groot dat de drainbak overloopt. Daarom is het beter om het substraat van één teeltgoot per keer te draineren. Op deze manier is ook het risico dat de drainput overloopt het kleinst. Om het overlopen van de draintanks te voorkomen, kunnen de afdelingen/kraanvakken afwisselend worden vol gezet. Het water dat in het eerste kraanvak bij doorsteken van de matten vrijkomt, kan weer worden gebruikt om de matten in het volgende kraanvak vol te zetten.

Voorkomen:

Overloop van het drainsysteem kan voorkomen worden door:

- *Doorsteken van matten met een prikker*, na leegloop van mat draingot volledig opensnijden (voorkomt overloop van draingoot)
- *Eén teeltgoot per drainafvoer* tegelijk leeg laten lopen (voorkomt overloop drainafvoer)
- *Beperkt aantal goten tegelijk* doorsteken per drainput (voorkomt overloop van drainput)
- *Afdelingen/kraanvakken afwisselend vol zetten*, zodat terugkomend water gebruikt kan worden in de volgende afdeling/kraanvak (voorkomt overloop vuil en schoon draintanks)

Hergebruik:

- De steenwolmatten bevatten geen middelen die de teelt negatief kunnen beïnvloeden. Dit hoeft dus geen beperking te zijn in het hergebruiken van het vrijkomende water.

Verwerking:

- Zuiveren voorafgaand aan lozing en emissie stikstof meetellen voor emissienorm.

(9) Vrijkomend water bij bufferen kokosmatten

Doel: voorkomen emissie door olopemde concentratie natrium

In tegenstelling tot steenwolsubstraat is een kokossubstraat niet inert: het substraat heeft een interactie met de in het water aanwezige meststoffen en andere stoffen (bijvoorbeeld gewasbeschermingsmiddelen). Aan de verse kokosvezels is natrium en kalium gebonden. Calcium en magnesium binden sterker aan de vezels en zullen uit het voedingswater verwijderd worden en niet meer beschikbaar zijn voor de plant. Natrium en kalium komen tijdens deze uitwisseling in het water terecht. Bij goede kwaliteit kokos is het gehalte aan natrium in het verse product laag.

Kokos kan een bufferingsproces (spoeling met calciumnitraat) ondergaan, waarbij de uitwisseling van natrium en kalium met calcium en magnesium wordt geforceerd. Dit kan zowel voor levering gedaan worden, als op het teeltbedrijf. Indien het bufferproces op het

teeltbedrijf uitgevoerd wordt, ontstaat een reststroom met daarin natrium (2-3 mmol/L) en kalium en met name nitraat als anion.

Voorkomen spoelwater bufferen:

- Gebruik van gebufferd kokossubstraat;
- In teeltrecept rekening houden met uitwisseling van natrium en kalium met calcium in substraat, door kalium in de gift te verlagen en calcium te verhogen. Mogelijkheden om lozingswater later in de teelt door een oplopende concentratie natrium te voorkomen zijn afhankelijk van de hoeveelheid natrium in het substraat, de hoeveelheid natrium die via andere bronnen het teeltsysteem in komt (gietwater, meststoffen, ontsmettingsmiddelen) en de opname van natrium door het gewas (Van Os et al., 2017).

Hergebruiken spoelwater bufferen:

- *Opvangen* van het spoelwater en bijmengen in de teelt. Bij aanvang van de teelt komt relatief veel organisch materiaal mee met het drainwater, waardoor sommige ontsmettingsinstallaties moeite hebben dit water goed te behandelen (lage UV-transmissie, lage redoxwaarde). Organisch materiaal kan afgebroken worden door ontsmetting met ozon te gebruiken (Van Ruijven et al., 2017 (in press)).

Verwerking:

- *Lozen* van het spoelwater (indien mogelijk op riolering) telt mee in emissienormen voor stikstof

(10) Drainwater start teelt

Doel: optimale groei van jong gewas

Voor veel telers is het lozen van het water bij de start van de teelt een gewoonte, omdat uit angst dat de waterkwaliteit van het drainwater uit steenwolmat of kokossubstraat suboptimaal is. Uitvloeiers worden in de productie van steenwol niet meer gebruikt en deze middelen kunnen dan ook niet in het watersysteem in de kas terecht komen. In het project Emissieloos Telen is diverse malen, o.a. met groeiremtesten, aangetoond dat al dit water zonder problemen in de teelt kan worden hergebruikt (Van Os et al., 2016 & 2017). In NL wordt over het algemeen gebufferd kokossubstraat gebruikt. Drainwater dat uit nieuw substraat komt bevat mogelijk iets meer natrium dan bij steenwol. Indien tijdens de teelt gietwater van goede kwaliteit (<1 mmol natrium) wordt gebruikt, is dit geen probleem en blijft de natriumconcentratie in het recirculatiewater (ruim) onder de schadedrempel (Van Os et al., 2017).

Voorkomen:

- Niet van toepassing

Hergebruik:

- *Drainwater bij de start van de teelt kan hergebruikt worden, eventueel na ontsmetting.*

Verwerking:

- *Zuiveren* van gewasbeschermingsmiddelen vóór afvoer
- *Lozen* (indien mogelijk op riolering) telt mee in emissienormen voor stikstof

Overige opmerkingen

- De samenstelling van onderbemalingswater bij substraatteelten is onderdeel van lopend onderzoek, omdat dit water met name tijdens de teeltwisseling mogelijk verontreinigd is met gewasbeschermingsmiddelen.

Bronnen:

www.infomil.nl/onderwerpen/landbouw/activiteitenbesluit/activiteiten/gewassen-telen/telen-kas-0/lozingsvoorschriften-0/

C. Blok, R. Leyh en M. Bustamante, 2017. Emissieloze tuinbouw: teeltwissel strategie. Wageningen University & Research. Rapport GTB-1429.

E. van Os, J. van Ruijven, J. Janse, E. Beerling, M. van der Staaij en R. Kaarsemaker, 2016. Vergelijking tussen gangbaar en emissieloos teeltsysteem. Wageningen University & Research Business Unit Glastuinbouw, Rapport GTB-1406.

E. van Os, J. van Ruijven, J. Janse, E. Beerling, M. van der Staaij, R. Leyh, C. Blok en R. Kaarsemaker, 2017. Vergelijking tussen emissieloze teelt op steenwol en kokos. Wageningen University & Research Business Unit Glastuinbouw, Rapport GTB-1416.

M. van der Staaij, M.S. Douwes, 1996. Optimaliseren van de toepassing van gewasbeschermingsmiddelen in de glastuinbouw; Emissie via condenswater. Project 3403, rapport 52.

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.wur.nl/glastuinbouw

Glastuinbouw Rapport WPR-748

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.