

Substraatloos telen Paprika

Substraatloos telen Paprika

DLV Plant
Postbus 7001
6700 CA Wageningen

Agro Business Park 65
6708 PV Wageningen

T 0317 49 15 78
F 0317 46 04 00
E info@dlvplant.nl
www.dlvplant.nl

Gefinancierd door
Productschap Tuinbouw
Postbus 280
2700 AG Zoetermeer



In opdracht van
Landelijke commissie Paprika van LTO Groeiservice
Klappolder 130
2665 LP Bleiswijk

Uitgevoerd door
DLV Plant Onderzoek
Jeroen Zwinkels
Dave van Marwijk

PT – Projectnummer: 14556

Dit document is auteursrechtelijk beschermd. Niets uit deze uitgave mag derhalve worden verveelvoudigd, opgeslagen in een geautomatiseerd gegevensbestand, of openbaar gemaakt, in enige vorm of op enige wijze, hetzij elektronisch, mechanisch door fotokopieën, opnamen of op enige andere wijze, zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van DLV Plant. De merkrechten op de benaming DLV komen toe aan DLV Plant B.V.. Alle rechten dienaangaande worden voorbehouden. DLV Plant B.V. is niet aansprakelijk voor schade bij toepassing of gebruik van gegevens uit deze uitgave.

Uw sector investeert in dit project via het Productschap  Tuinbouw

Inhoudsopgave

Samenvatting	3
1 Inleiding en doel	5
2 Materiaal en methode	6
2.1 Proefopzet en materiaal	6
2.2 Accommodatie en teeltgegevens	7
2.3 Waarnemingen	7
2.3.1 Klimaatwaarnemingen	7
2.3.2 Wortelomgeving	7
2.3.3 Gewaswaarnemingen	7
3 Resultaten	8
3.1 Klimaat	8
3.2 Wortelzone	8
3.2.1 Watertemperatuur	8
3.2.2 Zuurstof	8
3.2.3 EC	9
3.2.4 pH	10
3.2.5 Elementenanalyse	10
3.2.6 Schimmelanalyse	11
3.2.7 Acties en teeltmaatregelen	10
3.2.8 Wortelontwikkeling	10
3.3 Gewaswaarnemingen	17
3.3.1 Plantlengte	17
3.3.2 Plantbelasting	18
3.3.3 Productie	19
3.3.4 Teeltbeoordeling	20
3.4 Kwaliteitswaarnemingen	20
3.4.1 Drogestofgehalte	20
3.4.2 Brixwaarde	21
3.4.3 Houdbaarheid	22
4 Discussie	23
5 Conclusies en aanbevelingen	24
Bijlage 1: Proefschema	25
Bijlage 2: EC sturing	26
Bijlage 3: Klimaat	28
Bijlage 4: Toelichting schimmelanalyses	28
Bijlage 5 Goot ontwerp	30

Samenvatting

Team Onderzoek van DLV Plant heeft in samenwerking met de Landelijke Commissie Paprika van LTO Groeiservice een onderzoek uitgevoerd met als doel de potentie van substraatloos telen in de praktijk te testen. Het gaat om optimalisatie van het teeltsysteem en het testen ervan onder praktijkomstandigheden. Het onderzoek is gefinancierd door het Productschap Tuinbouw.

In dit onderzoek zijn gedurende een teeltseizoen paprikaplanten gevolgd op een substraatloos teeltsysteem. Er is een goot gebruikt met afschot over de lengte en breedte van de goot en aanvoer van vers water bij elke plant. Er waren 3 proeffactoren: ongekoeld, gekoeld (<28°C) en variabele EC. Naast de metingen in de wortelzone (T, O₂, EC, pH, ionen, schimmels) zijn verschillende gewasmetingen uitgevoerd.

Uit de resultaten blijkt dat paprikateelt goed mogelijk is zonder substraat. Het systeem in deze proef zorgde continu voor zuurstofverzadiging van het recirculerende voedingswater. Het water in de wortelzone bereikte vooral in de zomerperiode regelmatig kritische zuurstofwaarden (40-50% op een schaal van 100%). De vervuiling van het water en in de wortelzone heeft hieraan bijgedragen.

Wat betreft de voeding in het toedieningswater is het hebben van continu inzicht in ionenconcentraties en –verhoudingen nog belangrijker dan bij een substraatteelt, aangezien er geen echte buffer is en de voedingssituatie snel kan wijzigen. Plantpathogene schimmels zijn nauwelijks aangetoond.

Het gootontwerp blijkt essentieel te zijn binnen dit teeltsysteem. Continu voldoende afschot over de lengte en de breedte van de goot is vereist. Dit is o.a. afhankelijk van omstandigheden als totale lengte van de goot, gewasstadium, vervuilingsgraad van het water. Voldoende afschot betekent het borgen van continu doorstroming en het voorkomen van stilstaand water. Waterverlies moet worden voorkomen. Substraatloos telen vraagt om een waterdicht teeltsysteem. Kleine onvolkomenheden aan de teeltgoot of wortels die buiten de teeltgoot groeien kunnen zorgen voor veel waterverlies en hiermee ook meststoffen. Lichtval in de goot is ongewenst. Dit zou de wortelgroei beperken. In de huidige proef was er toch regelmatig een kiertje tussen de onderkant van de teeltgoot en het folie. Het effect hiervan op de wortelgroei in de proef is niet duidelijk, maar op plaatsen in de teeltgoot waar het folie geen ruimte bood aan lichtintrede was het wortelvolumen vaak groter. Drainwater moet zo weinig mogelijk in contact komen met licht. Dit heeft te maken met algengroei en vervuiling van het voedingswater. Daarnaast kunnen vooral Fe elementen afbreken in contact met licht (uv). Wortelgroei moet binnen de teeltgoot blijven. Dit blijkt een uitdaging te zijn bij substraatloos telen. In alle gevallen moet het voedingswater afgevoerd worden als drainwater en juist op dit punt gaat het vaak mis. Wortels hebben namelijk de neiging om de waterstroom te volgen en op deze manier vanuit de teeltgoot de draingoot in te groeien, zelfs als er contact is met daglicht.

Vanuit de gewaswaarnemingen blijkt dat de proefplanten kortere internodiën hebben aangelegd dan de controleplanten. Hiermee is de totale plantlengte korter. Van de 3 behandelingen heeft de variabele EC behandeling geleid tot betere gewas kleur, minder snel slapgaan, meer strekking en meer productie in stuks en kg. Daarnaast kan de zetting worden gestimuleerd door het inzetten van een variabele EC over de dag (overdag laag,

's nachts hoog). De proefplanten hebben meer vruchten geproduceerd, maar wel met een lager vruchtgewicht dan de controleplanten. Geen van de proefbehandelingen heeft een hogere kg productie gerealiseerd dan de controle. Verder is de productkwaliteit (uitgedrukt in drogestofgehalte, brixwaarde, houdbaarheid) van de vruchten van de proefbehandelingen gelijk aan die van de controle.

Bij verder uitwerken van dit teeltconcept is het allereerst belangrijk om een gootontwerp te hebben dat aan alle teelteisen voldoet. Hierbij zouden verschillende ontwerpen op kleine schaal getest moeten worden. Belangrijke uitdaging hierbij is om de wortels binnen de teeltgoot te houden, gescheiden van de drainafvoer.

Hierbij is het goed de meest kritische factoren (waterflow, O₂, T) continu te monitoren. Als een ontwerp goed of juist slecht presteert dan is het nuttig om daarvan de oorzaken te weten.

De volgende stap is het stuurbaar maken van deze factoren, zodat afhankelijk van seizoen en gewasstand kan worden gevarieerd naar zo optimaal mogelijke instellingen.

1 Inleiding en doel

Door een steeds verder toenemend investeringsniveau in de glasgroenteteelt, is het van groot belang dat steeds een optimaal rendement wordt behaald. In dit opzicht is het van groot belang dat alle delen van het gewas van begin tot einde teelt in optimale conditie blijven als ook de stuurbaarheid per onderdeel. In het project 'optimaliseren wortelfunctie glasgroenten' (PT nummer 14119) blijkt een paprikagewas goed te presteren op een substraatloos teeltsysteem. Kritische punten en aandachtspunten zijn duidelijk geworden als ook de sturingsmogelijkheden en de potentie die dit teeltconcept biedt: goede wortelgroei en –ontwikkeling, een grote stuurbaarheid, een duurzamer teeltconcept en minder afvalkosten.

Een volgende, door de BCO gewenste stap is het testen en optimaliseren van dit teeltconcept onder praktijkomstandigheden, zodat een robuust, "hufferproof" systeem ontstaat. Vragen hierbij zijn: hoe kunnen we de plant zo optimaal mogelijk laten starten, welke verbeteringen aan het gootprofiel dragen bij aan de behoeftes van de plant, hoe kunnen we een continu drainafvoer realiseren (zonder het ontstaan van 'dode zones'), welke flowsnelheid is optimaal per seizoen of per dagdeel. Uiteraard van belang is het testen van de opbrengst (kwantiteit) maar ook de kwaliteit van geproduceerde vruchten.

De doelstelling van het onderzoek is de potentie van substraatloos telen in de praktijk testen. Belangrijk zijn verdere optimalisatie van het teeltsysteem en het testen ervan onder praktijkomstandigheden. Het uiteindelijke doel is met dit teeltsysteem het maximale uit de plant halen wat betreft kwantiteit en kwaliteit van de oogst.

Het project is uitgevoerd door Team Onderzoek DLV Plant, in nauw overleg met de intensieve begeleiding, aangesteld via de landelijke commissie Paprika van LTO Groeiservice. Het onderzoek heeft plaatsgevonden van week 44 van 2011 tot en met week 43 van 2012 bij een praktijkbedrijf en is gefinancierd door het Productschap Tuinbouw.

2 Materiaal en methode

2.1 Proefopzet en materiaal

Naar aanleiding van de resultaten uit voortgaand onderzoek zijn de volgende behandelingen vastgesteld (in 4-voud, schematisch bijlage 1):

Teeltconcept 1

350 m² (4 goten) ongekoeld met een "normale EC".

Teeltconcept 2

350 m² (4 goten) gekoeld (max 28 °C) met een "normale EC".

Teeltconcept 3

350 m² (4 goten) gekoeld (max 28 °C) met een variabele EC (verlaagd overdag vs. verhoogd 's nachts)

Daarnaast is de reguliere teelt op het bedrijf de referentie.

De te testen goot (foto) heeft een u-profiel, met opening en afschot naar de zijkant. Deze goot is op de goot van het praktijkbedrijf geplaatst, waarbij de originele goot als draingoot functioneert (afschot van zo'n 2% over de lengterichting). De bovenkant van de goot heeft een uitsparing voor de druppelslang met druppelaars elke 20 cm.

De planten zijn in week 44 van 2011 in de goot geplaatst (zonder potwikkel), waarna folie langs de zijkant van het gootprofiel is bevestigd om een donkere omgeving te creëren. De hoogte van de goot bedroeg 6,8 cm.



Foto 1. Substraatloze goot



foto 2. Druppelslang achter de potten langs

De variabele EC is eind februari 2012 gestart, met toenemende instraling. De dag-EC bedroeg 2,5 mS/cm² en de nacht-EC 4 mS/cm² (zie bijlage 2 voor toelichting).

Het koelen van de verschillende behandelingen is pas na week 29 inzetbaar. Voor die tijd was er nauwelijks koelbehoefte van het voedingswater en daarnaast bleek ook de capaciteit van de koelblokken te laag om ingestelde waarden te kunnen realiseren. Daarom is besloten om alleen teeltconcept 2 actief te gaan koelen door in week 27/28 slangen in het regenwaterbassin te plaatsen en op deze manier retourwater terug te koelen.

Retourwater is vanaf de start regelmatig ontsmet met een UV-ontsmetter.

2.2 Accommodatie en teeltgegevens

In een tralievak (1050 m²) zijn de verschillende behandelingen neergelegd. Er is geplant in week 44 met een standaard pot en een 4 weken oude plant van het ras 'Waltz' (zaaidatum 8 oktober, plantdatum 5 november). Er is ingezet op 6,2 stengels per m² en 2 stengels per plant. Alle behandelingen zijn gestart met een EC van 3,5 mS/cm². De waterflow in de wortelzone bedroeg 8 l per vierkante meter per uur.

Maandelijks was er een bijeenkomst van de BCO op het praktijkbedrijf, waarbij de proef werd bezocht en de voortgang besproken.

2.3 Waarnemingen

Gedurende het teeltseizoen zijn uitvoerig meetdata verzameld, o.a. met betrekking tot omstandigheden in de wortelzone.

2.3.1 Klimaatwaarnemingen

Tijdens de proef zijn de gerealiseerde temperatuur, PAR-licht, CO₂ en RV gegevens verzameld. Elke 5 minuten zijn de metingen vastgelegd.

2.3.2 Wortelomgeving

De volgende parameters zijn gemonitord:

- Watertemperatuur
- Zuurstofhuishouding (pt-100 sensor)
- Wortelontwikkeling
- EC en pH en elementenanalyse (wekelijks)
- Aanwezigheid micro organismen (regelmatig)

Voor de plaats van zuurstofsensoren wordt verwezen naar bijlage 1. Er is zowel bij de planten als bij de unit zuurstof gemeten.

2.3.3 Gewaswaarnemingen

Gedurende de teelt zijn de volgende waarnemingen wekelijks gedaan: lengtegroei, zetting, abortie, productie (kg en stuks), uitgroeiduur. Per behandeling zijn 12 stengels in 2-voud gevolgd; in totaal 24 stengels. Regelmatig zijn de wortel- en gewasontwikkeling vastgelegd.

Daarnaast zijn op 2 momenten 'kwaliteitswaarnemingen' gedaan. De brixwaarde, drogestofgehalte en houdbaarheid zijn per behandeling getest half mei en half augustus 2012.

3 Resultaten

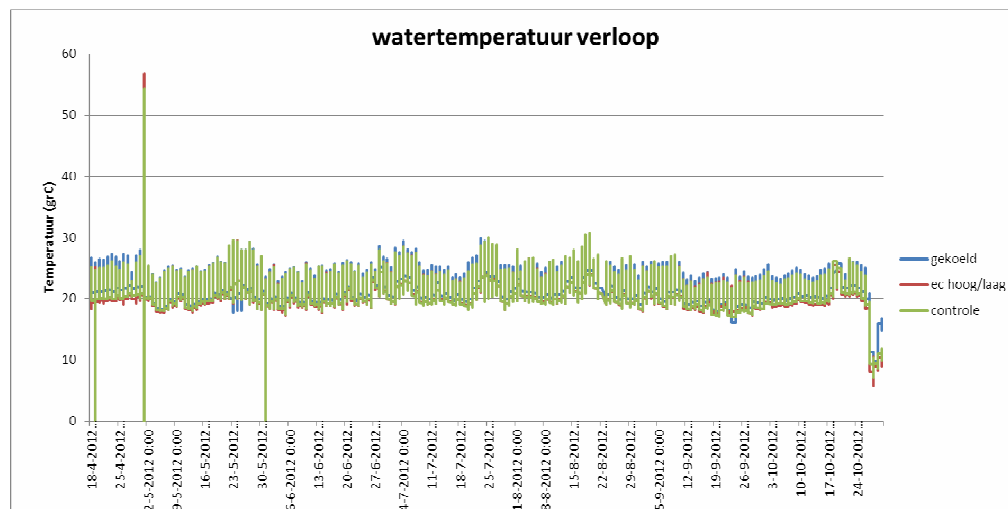
3.1 Klimaat

Het klimaat is gestuurd op basis van de gewasgroei van het reguliere gewas. De klimaatomstandigheden van de substraatloze teelt waren wat dit betreft hetzelfde. De gerealiseerde klimaatdata staan in bijlage 3 weergegeven.

3.2 Wortelzone

3.2.1 Watertemperatuur

Vanaf de start van de proef volgt de watertemperatuur het verloop van de kasluchttemperatuur, hetzij met minder grote pieken en dalen. Vanaf half juli, wanneer watertemperaturen van > 27°C zijn gemeten is er af en toe water gekoeld voor de betreffende behandeling. Zoals in onderstaande figuur te zien is zijn deze temperaturen maar soms bereikt en is er dan ook beperkt gekoeld. De gemiddelde watertemperaturen per behandeling zijn dan ook nagenoeg hetzelfde geweest gedurende het proefverloop.



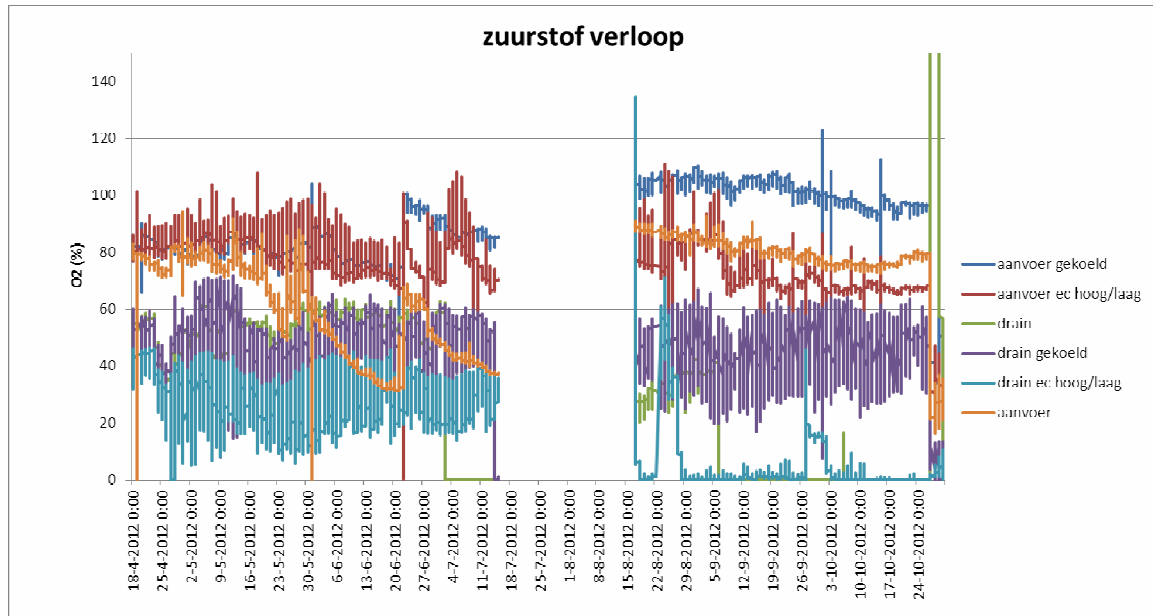
Figuur 1. Verloop watertemperatuur

3.2.2 Zuurstof

Vanaf begin januari 2011 is continu zuurstof van het voedingswater gemeten bij de unit en bij de wortels/uitdrain. Aanvankelijk werden waarden rond de 80% gemeten, zowel bij de unit als bij de wortels. In de loop van maart zakten de waarden bij de wortels naar de 50% en bij de unit bleef dit zo'n 80%.

Omdat er meetproblemen waren bij de sensoren van de 'drain controle' en 'drain EC hoog/laag' is hieraan gewerkt door de leverancier in de zomer. De waarden tussen half juli en half augustus in de figuur ontbreken daardoor. Vanaf half augustus zitten meetwaarden bij de unit tussen de 70-100%. Bij de drain wordt dan alleen bij de behandeling 'drain gekoeld' nog goed zuurstof gemeten. Het gemiddelde schommelt tussen de 40 – 50%. Deze waarden grenzen aan wat kritisch genoemd kan worden voor een normaal

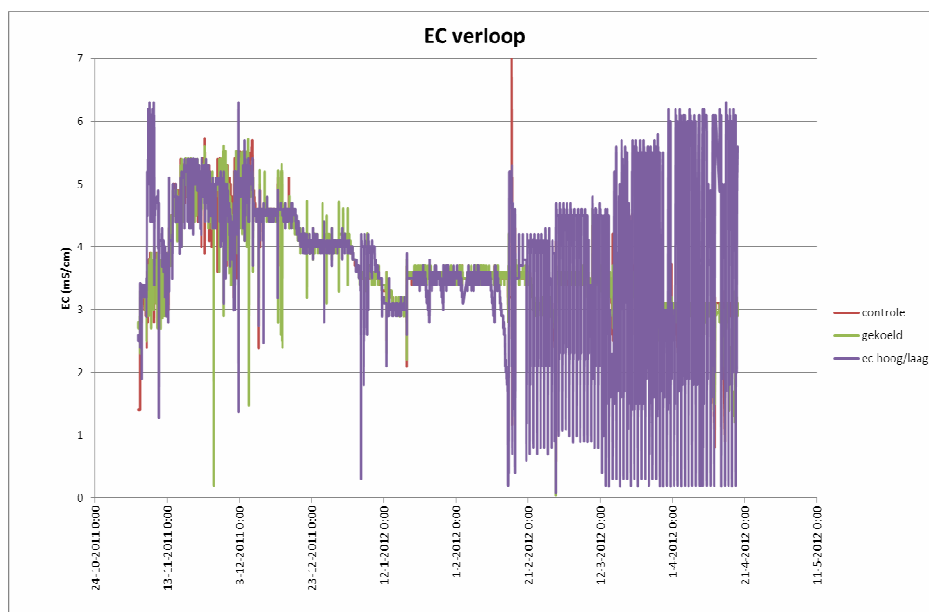
wortelfunctioneren. De andere 2 sensoren die in het drainwater meten zijn in gebreke gebleven. Blijkbaar zijn deze sensoren gevoelig voor de vervuiling in het water.



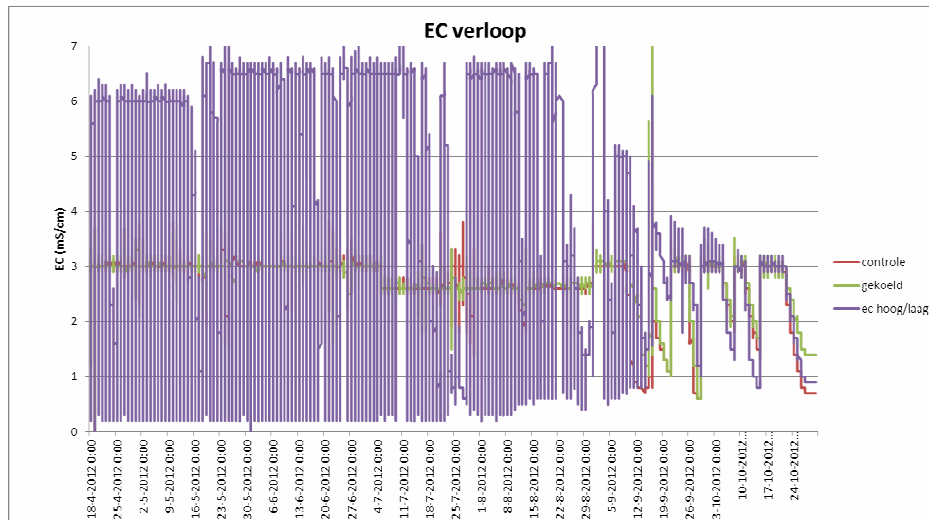
Figuur 2. Verloop zuurstof in het voedingswater

3.2.3 EC

Vanaf half februari is de variabele EC behandeling gestart. Er is gekozen voor de waarden 2,5 mS (overdag) en 4 mS ('s nachts), tussen 1 uur na zon op en 1 uur voor zon onder. Dit verschil is langzaam opgerekt tot uiteindelijk 1,5 mS overdag en 6,5 mS 's nachts. De twee andere behandelingen hebben continu een EC van rond de 3.0 mS gekregen.



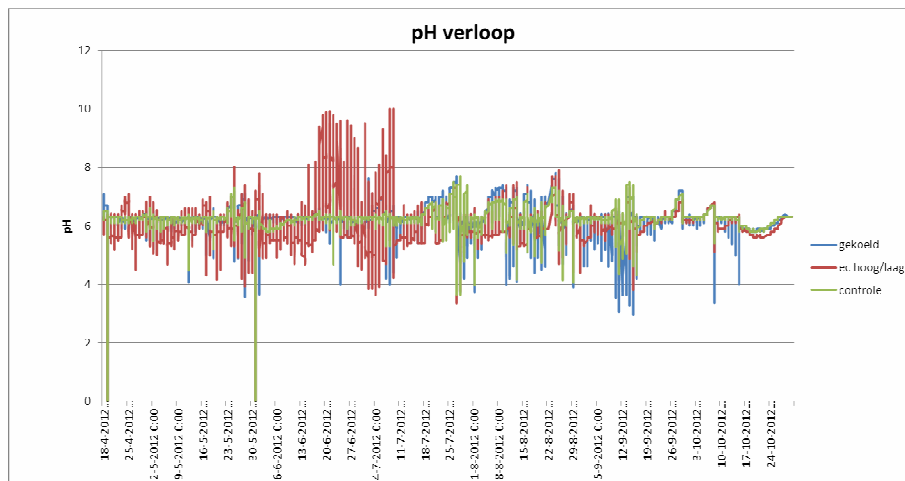
Figuur 3. Verloop EC in het voedingswater



Figuur 4. Verloop EC in het voedingswater

3.2.4 pH

De pH was over het algemeen rond de 6.0. Het realiseren hiervan heeft weinig problemen opgeleverd.



Figuur 5. Verloop pH in het voedingswater

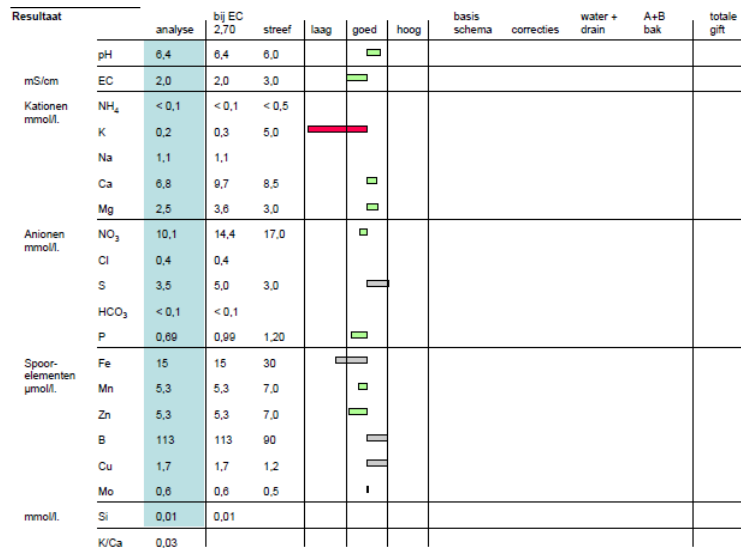
3.2.5 Elementenanalyse

Wekelijks zijn drainmonsters genomen voor elementenanalyse.

Bij de behandeling 'EC hoog/laag' was het lastig om de elementenverhoudingen in stand te houden. Dit had te maken met de beperkte omvang van de drainbuffer van de hoge EC en de lage EC. Daarnaast was vooral Fe slecht onder controle te krijgen en zeer wisselend van niveau (met waarschijnlijk daardoor vlekkerig blad). Misschien kwam er iets teveel licht in de goot (de kier wordt steeds groter) waardoor het ijzer af zou breken.

Ook is mogelijk dat door het antagonisme dat optreedt tussen Fe en P misschien het P niveau lager moet. Dit is ingesteld voor teelt op steenwol, maar het kan zijn dat het in dit systeem anders ligt.

Het K gehalte is lang stabiel gebleven maar is begin april ineens weggezakt (zie onderstaande figuur). Hier is toen meteen op bijgestuurd.



Figuur 6. Elementenanalyse van 2 april 2012.

3.2.6 Schimmelanalyse

Vanaf de start is regelmatig een verzamelmonster genomen uit de centrale drainopvang en geanalyseerd op schimmelsporen. Het resultaat is weergegeven in tabel 1. Een toelichting op de verschillende onderdelen van de schimmelanalyse is weergegeven in bijlage 4. Er zijn nagenoeg geen problemen geweest met primaire schimmelziektes.

Tabel 1. Schimmelanalyse

	wk 46 2011	wk 48 2011	wk 50 2011	wk 52 2011	wk 2 2012	wk 4 2012	wk 7 controle	wk 7 gekoeld	wk 7 ec hoog/laag	wk 19 controle	wk 19 gekoeld	wk 19 ec hoog/laag	wk 24 controle	wk 24 ec hoog/laag
Fusarium spp.	2	3	3	3	1	3	3	3	3	3	2	1	3	3
Pythium spp.	0	3	2	2	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Trichoderma spp.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Trichoderma harzianum	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Colletotrichum coccodes	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Fusarium oxysporum	2	3	2	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Fusarium solani	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Phytophthora spp.	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	2
Phytophthora capsici	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Phytophthora cryptogea	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Phytophthora nicotianae	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Pyrenochaeta lycopersici	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Pythium aphanidermatum	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Pythium irregulare	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Pythium ultimum	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Verticillium albo-atrum	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Verticillium dahliae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	algemeen voorkomende schimmels													
	ziekteverwekkende schimmels													

3.2.7 Benodigde acties en teelmaatregelen

Een blijvend probleem gedurende de proef was dat wortelpuntjes tussen de goot en het folie groeiden. Deze wortels zouden de drainafvoer verstoppen en ook zorgen ze voor waterverlies uit de goot. Deze wortels zijn regelmatig weggesneden.

Kort na de start van de proef ontstonden drie problemen tegelijk: algengroei, een verhoogd zinkcijfer in het voedingswater (door de zinken haken die de goot dragen) en het water liep naast het draingootje (door opspatting).

Voor het opspatten is een zwart geverfd kabelgootje aangebracht (waar de zinken haken achter zijn verwerkt zodat er geen contact met water meer is), zodat spatten werd verholpen en het water in het donker wegliep. Hiermee is ook de algengroei in de draingoot tegengegaan (zie foto onder). Ter bestrijding van de vervuiling door de algen is 2 ppm chloor meegedruppeld. Dit bleek te hoog. De wortels werden bruin en dit veroorzaakte groeiachterstand. Als actie hierop is Previcur Energy meegegeven, de helft van normale dosering. De wortels herstelden zich goed.



Foto 3. Kabelgootje op de drainafvoer gemonteerd

De manier waarop de behandeling 'EC hoog/laag' was gemaakt werkte niet. De buffer was te klein. Er is in februari een buffer bij geplaatst. Voor de EC hoog moet het systeem mest pakken, in de EC laag buffer alleen water pakken.

In het voorjaar komt hier en daar de pot omhoog en wordt de kier tussen de goot en het folie te groot. Het plastic moest wat zakken om licht in de wortelzone tegen te gaan.

Ook zijn er slangen geïnstalleerd zodat het water vanaf het pad af wordt toegediend. Zo ontstaat minder vermenging omdat de gift nu parallel loopt met de drain. In de toekomst is het wellicht beter om met 2 aparte aanvoerslangen te werken, zodat nog exacter geschakeld kan worden (het duurt nu zo'n 15 minuten voordat de slang leeg is van voor naar achteren).

Tot aan juli is er nog geen sprake geweest van koeling van het water, omdat de capaciteit van de koelmotor niet toereikend was. Na juiste berekening blijkt er veel meer vermogen nodig te zijn. Na overleg met de installateur is besloten om voor een eenvoudige oplossing te kiezen. De behandeling met wisselende EC is niet uitgerust met gekoeld water, maar alleen bij de gewone behandeling zou gekoeld gaan worden. Daartoe is een slang in de regenwatersilo gelegd. Dit water is ongeveer 15°C en voldoende koud om het water terug te koelen.

Aandachtspunten gedurende het proefverloop waren continu de wortelgroei over het gootrandje en lekkages (tussen het kabelgootje en de draingoot).

Aangezien het goot ontwerp erg belangrijk is in dit project en kleine details het verschil kunnen maken is in juni 2012 met een aantal betrokkenen breed gediscussieerd over de teeltgoot (bijlage 5). Daarop zijn enkele varianten nog getest met planten uit de lopende proef. De prestaties van deze varianten waren lastig te beoordelen, waarschijnlijk doordat deze actie midden in de zomer is uitgevoerd en de planten/wortels veel te verduren hebben gehad bij deze 'transplantatie' in een ander goottype.

3.2.8 Wortelontwikkeling

Regelmatig zijn foto's gemaakt van wortelontwikkeling. Vanaf de start is per behandeling een representatieve plek gekozen en telkens is op deze plek de wortelontwikkeling vastgelegd. Hieronder volgen afbeeldingen van behandeling 3. De kleur van de wortels is vergelijkbaar voor alle behandelingen.



Foto 4. Wortels december



Foto 5. Wortels in februari



Foto 6. Wortels in april



Foto 7. Wortels in juni



Foto 8. Wortels in augustus



Foto 9. Wortels in oktober

Onderling waren er visueel geen verschillen tussen de wortelgroei en –ontwikkeling van de verschillende behandelingen. Door de tijd heen is wel steeds meer vervuiling zichtbaar langs de rand van de goot en ook tussen de wortels. Op de laatste foto's lijken de wortels bruin van kleur maar dit is de vervuiling die zich tussen de wortels verzameld. Er zijn wortels uitgewassen en deze waren wit en gezond.

Aan het einde van de proef zijn er wortels uit de goot gehaald en opnames gemaakt van het boven- en zijaanzicht van het wortelpakket (foto 10 en 11). Vooral in de zomermaanden heeft het gewas op de watergoten veel aan wortelvolumen bijgemaakt.



Foto 10. Bovenkant wortels aan het einde van de proef



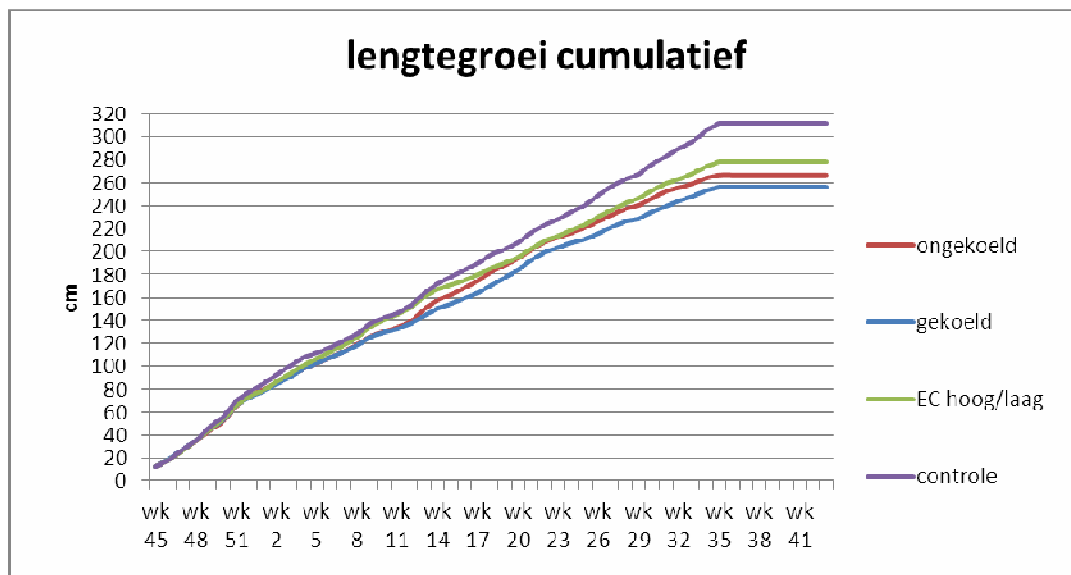
Foto 11. Zijkant wortelpakket aan het einde van de proef

3.3 Gewaswaarnemingen

Er zijn twee telveldjes per behandeling (elk veldje 12 stengels) waarbij elk telveldje bestaat uit drie planten links in het pad en drie planten rechts. Wekelijks is er waargenomen.

3.3.1 Plantlengte

De plantlengte is het grootst voor de controle (figuur 7). Behandeling 3 komt iets hoger uit dan behandelingen 1 en 2. De internodiële lengte was duidelijk korter voor alle behandelingen t.o.v. de controle.



Figuur 7. Gemiddelde plantlengte per behandeling.

Foto's 12 t/m 15 laten duidelijk de verschillen zien in internodiële lengte van de proefplanten t.o.v. de controleplanten. Als gevolg hiervan hingen de te oogsten vruchten dicht op elkaar (en bleven de planten korter).



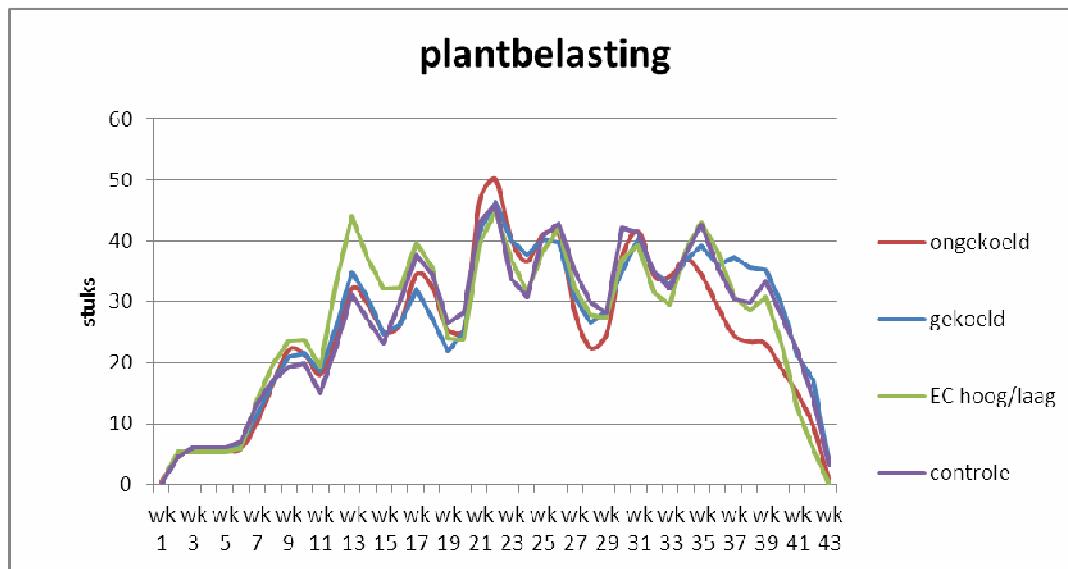
Foto 12 en 13. Paprika substraatloos met en zonder vruchten



Foto 14 en 15. Paprika controle met en zonder vruchten

3.3.2 Plantbelasting

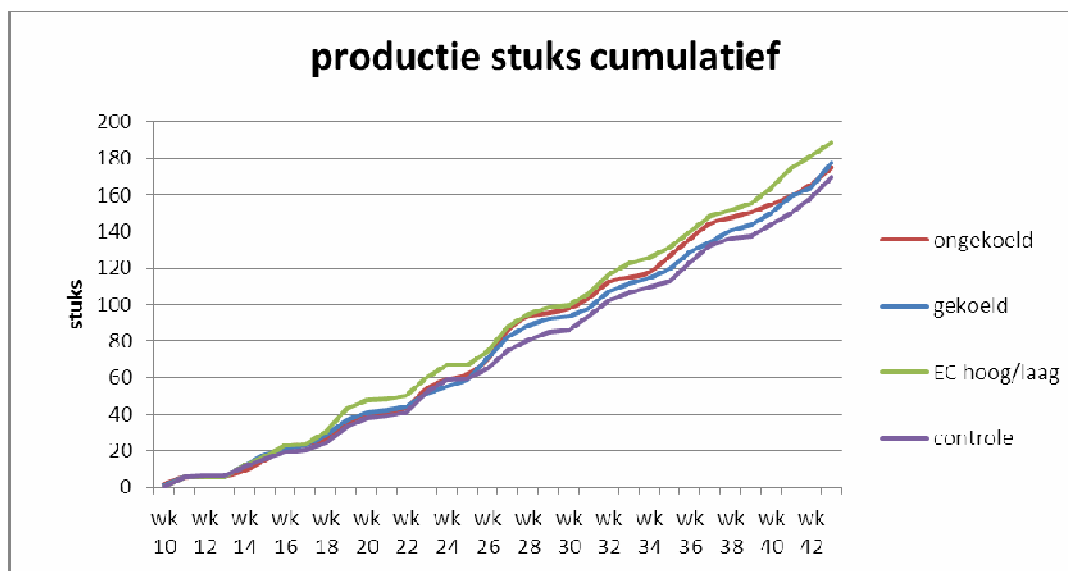
Opvallend bij de plantbelasting is de plotselinge toename bij behandeling 3 vanaf week 12. Dit is het gevolg van een toename van de zetting na de start van het EC hoog/laag regime. Dit effect is echter tijdelijk en vanaf week 16 loopt behandeling 3 weer in lijn met de overige behandelingen qua zetting.



Figuur 8. Gemiddelde plantbelasting per behandeling

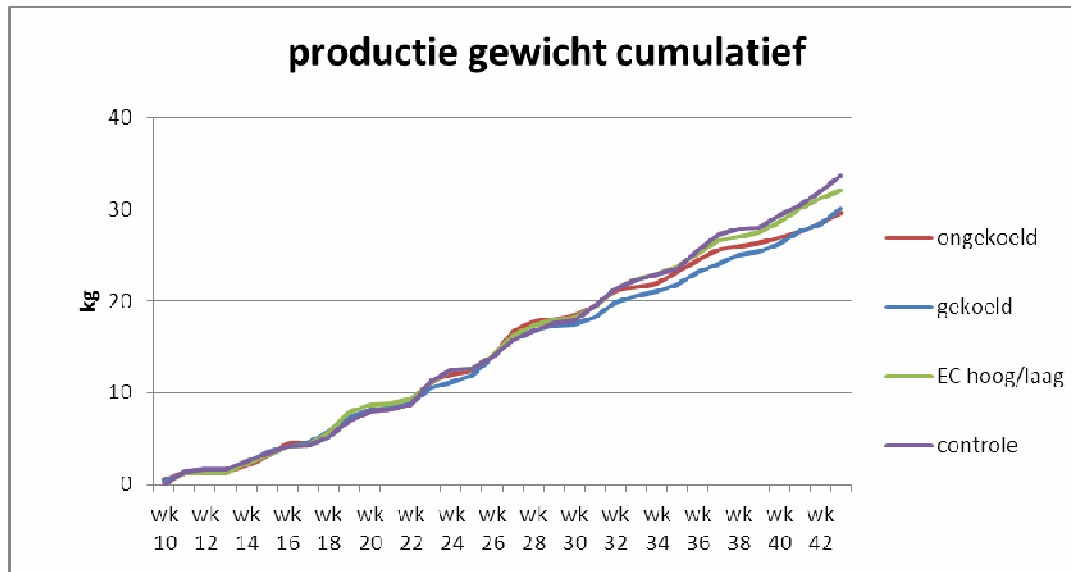
3.3.3 Productie

Stuks en kg productie staan hieronder afgebeeld. Controlebehandeling 4 had de laagste stuks productie, maar de hoogste kg productie. De verklaring hiervoor is dat het vruchtgewicht lager is voor de op water geteelde paprika's.



Figuur 9. Gemiddelde cumulatieve productie in stuks (per m²).

Wat betreft kg productie ligt behandeling 3 maar 5% achter op de controlebehandeling. Gezien het proefverloop met alle onvoorziene problemen die de proefbehandelingen hebben doorgemaakt is dit verschil vrij klein. Behandeling 1 en 2 liggen respectievelijk 12% en 11% achter op de controlebehandeling wat betreft kg productie.



Figuur 10. Gemiddelde cumulatieve productie in kg (per m²).

3.3.4 Teeltbeoordeling

De plantgroei was goed vanaf de start. Echter vanaf het moment van de chloorbehandeling hebben de wortels schade geleden (met als gevolg bruine wortels) en heeft het gewas een groeiachterstand opgelopen.

De eerste vruchten zijn verder wat betreft kleur dan die op steenwol, dit is mogelijk het generatieve effect van de chloorbehandeling. Behandeling 3 heeft vanaf het realiseren ervan (van EC laag overdag en hoog nacht) zichtbaar makkelijker op dagen met veel instraling; het blad glimt meer en er is meer strekking waargenomen.

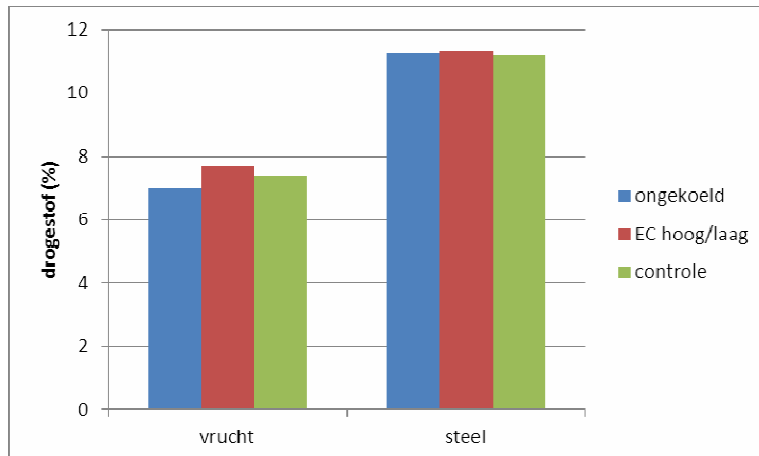
In de zomermaanden ging het gewas op water soms slap bij weersovergangen. Dit was het sterkst zichtbaar in behandeling 1 en 2. Daarop is besloten weer Previcur mee te geven om de wortelgroei te stimuleren. Dit is in het begin van het jaar ook gedaan en hielp goed (concentratie 1,5 liter/ha).

3.4 Kwaliteitswaarnemingen

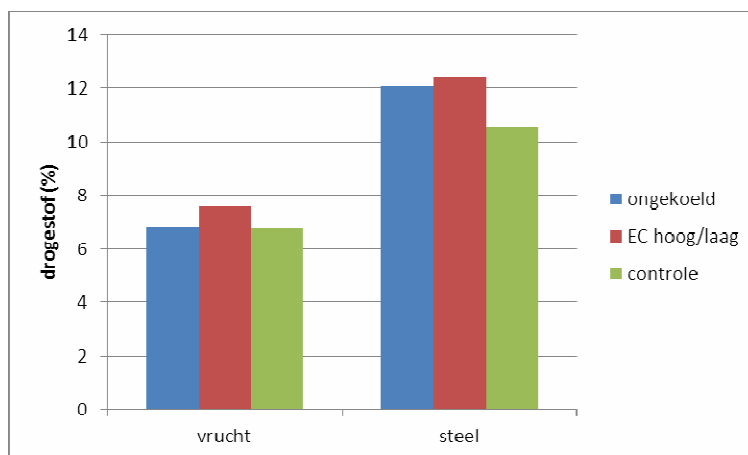
Naast de product kwantiteit is ook naar de kwaliteit van de vruchten van de verschillende behandelingen gekeken. Op 2 momenten is het drogestofgehalte gemeten en de brixwaarde. Ook zijn houdbaarheidstesten gedaan.

3.4.1 Drogestofgehalte

Half mei is de eerste keer het drogestof% bepaald van 10 vruchten per behandeling. Behandeling 1 is niet meegenomen omdat deze gelijk is aan behandeling 2, aangezien er nog niet is gekoeld. De vruchten en de steeltjes zijn apart bemonsterd. Figuren 11 en 12 geven de resultaten. De verschillen tussen de behandelingen zijn klein en niet significant.



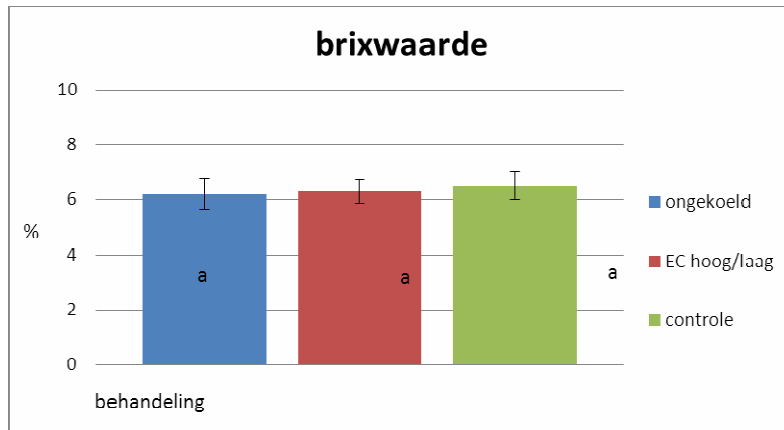
Figuur 11. Gemiddeld drogestofgehalte van vruchten en steeltjes in mei 2012



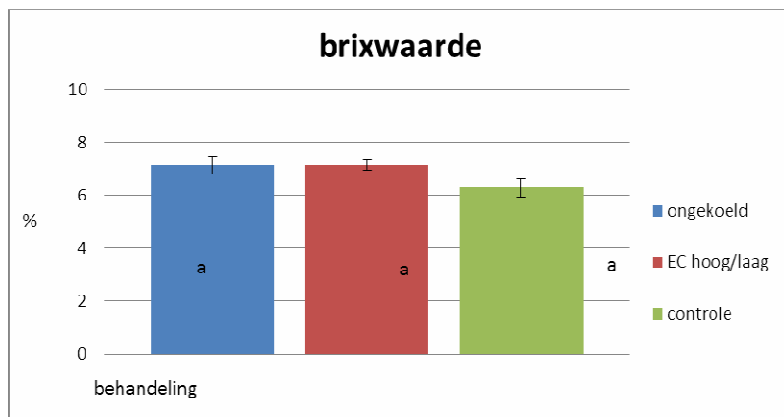
Figuur 12. Gemiddeld drogestofgehalte van vruchten en steeltjes in augustus 2012

3.4.2 Brixwaarde

Gelijktijdig aan de momenten van drogestofbepaling is het brixgetal gemeten van 5 vruchten per behandeling op 2 momenten. Onderstaande figuren geven de resultaten. In mei zijn er geen verschillen tussen de behandelingen. In augustus is de controlebehandeling (significant) iets lager in brixwaarde. De verklaring hiervoor is dat de vruchten bij de controlebehandeling wat rauwer waren dan die bij de proefbehandelingen, aangezien deze laatste maar een keer per week zijn geoogst. Het effect hiervan is in augustus sterker naar voren gekomen in de data dan in mei.



Figuur 13. Gemiddelde brixwaarde van vruchten in mei 2012



Figuur 14. Gemiddelde brixwaarde van vruchten in augustus 2012

3.4.3 Houdbaarheid

De paprika's van de vier behandelingen zijn in mei getest wat betreft houdbaarheid (tabel 2). De cijfers waren uitstekend en er zijn geen verschillen tussen de behandelingen ontdekt.

Tabel 2. Houdbaarheidstesten uitgevoerd in mei 2012

	Kleur		Stevigheid		Steel		Kwaliteit	
	3	8	3	8	3	8	3	8
aantal dagen								
1. ongekoeld	9	9	8	7	9	9	8	7
2. gekoeld	9	9	8	8	9	9	8	8
3. EC hoog/laag	9	9	9	8	9	9	9	8
4. controle	9	9	9	9	9	9	9	9

4 Discussie

In deze proef is duidelijk geworden hoe belangrijk het gootontwerp is binnen het totale teeltconcept. Ter voorbereiding op de proef is uiteraard breed gesproken hierover en uiteindelijk is samen met de leverancier een ontwerp neergelegd. Desondanks zijn er tijdens het teeltseizoen regelmatig diverse mankementen aan het licht gekomen (§3.2.7), welke zeker hun effect op de gewasgroei en -productie hebben gehad.

Vanuit het gootontwerp zijn er een aantal zaken die kritische aandacht vragen:

- Gewas- en wortelgroei

Dit spreekt voor zich, maar moet toch benoemd worden. Zo is bij eerdere proeven met substraatloos telen bij de Demokwekerij gebleken dat de gewasgroei veel minder was bij een smallere teeltgoot, terwijl andere omstandigheden hetzelfde waren als bij eerdere proeven met een bredere goot.

- Waterverlies tegengaan

Substraatloos telen vraagt om een waterdicht teeltsysteem. Kleine onvolkomenheden aan de teeltgoot of wortels die buiten de teeltgoot groeien kunnen zorgen voor veel waterverlies en hiermee ook meststoffen. Daarnaast komt er op deze manier onnodig extra water in de kas en op de grond met alle gevolgen van dien (potentiele besmettingsbron, hogere energievraag).

- Geen lichtval in de goot

Hier zijn weliswaar geen harde bewijzen voor gevonden, maar over het algemeen is men huiverig voor licht in de wortelzone van de paprika. Dit zou de wortelgroei beperken. In de huidige proef was er toch regelmatig een kiertje tussen de onderkant van de teeltgoot en het folie. Het effect hiervan op de wortelgroei in de proef is niet hard te maken, maar op plaatsen in de teeltgoot waar het folie geen ruimte bood aan lichtintreding leek het wortelvolumen vaak groter.

- Zo weinig mogelijk drainwater in contact met licht

Dit heeft te maken met algengroei en vervuiling van het voedingswater. Daarnaast kunnen vooral Fe elementen afbreken in contact met licht (uv).

- Wortels binnen de teeltgoot houden

Dit blijkt een uitdaging te zijn bij substraatloos telen. In alle gevallen moet het voedingswater afgevoerd worden als drainwater en juist op dit punt gaat het vaak mis. Wortels hebben namelijk de neiging om de waterstroom te volgen en op deze manier vanuit de teeltgoot de draingoot in te groeien, zelfs als er contact is met daglicht.

5 Conclusies en aanbevelingen

Uit de resultaten van dit onderzoek is gebleken dat:

- Paprikateelt goed mogelijk is zonder substraat.
- Het systeem in deze proef continu zorgde voor zuurstofverzadiging van het recirculerende voedingswater.
- Het water in de wortelzone regelmatig kritische zuurstofwaarden benaderde (40-50% op een schaal van 100%).
- Continu inzicht in ionenconcentraties en –verhoudingen nog belangrijker is dan bij een substraatteelt, aangezien er geen echte buffer is en de voedingssituatie snel kan wijzigen.
- Plantpathogene schimmels nauwelijks zijn aangetoond.
- Het gootontwerp essentieel is binnen dit teeltsysteem.
- Continu voldoende afschot over de lengte en de breedte van de goot is vereist. Dit is o.a. afhankelijk van omstandigheden als totale lengte van de goot, gewasstadium, vervuilingsgraad van het water. Voldoende afschot betekent het borgen van continu doorstroming en het voorkomen van stilstaand water.
- De proefplanten kortere internodiën hebben aangelegd dan de controleplanten.
- Binnen de proefbehandelingen, de variabele EC behandeling heeft geleid tot een weerbaarder gewas (betere gewas kleur, glimmende bladeren, minder snel slaggaan, meer strekking en meer productie)
- De zetting kan worden gestimuleerd door het inzetten van een variabele EC over de dag (overdag laag, 's nachts hoog).
- De proefplanten meer vruchten hebben geproduceerd, maar wel met een lager vruchtgewicht dan de controleplanten.
- Geen van de proefbehandelingen een hogere kg productie heeft gerealiseerd dan de controle.
- De productkwaliteit (uitgedrukt in drogestofgehalte, brixwaarde, houdbaarheid) van de vruchten van de proefbehandelingen gelijk was aan die van de controle.

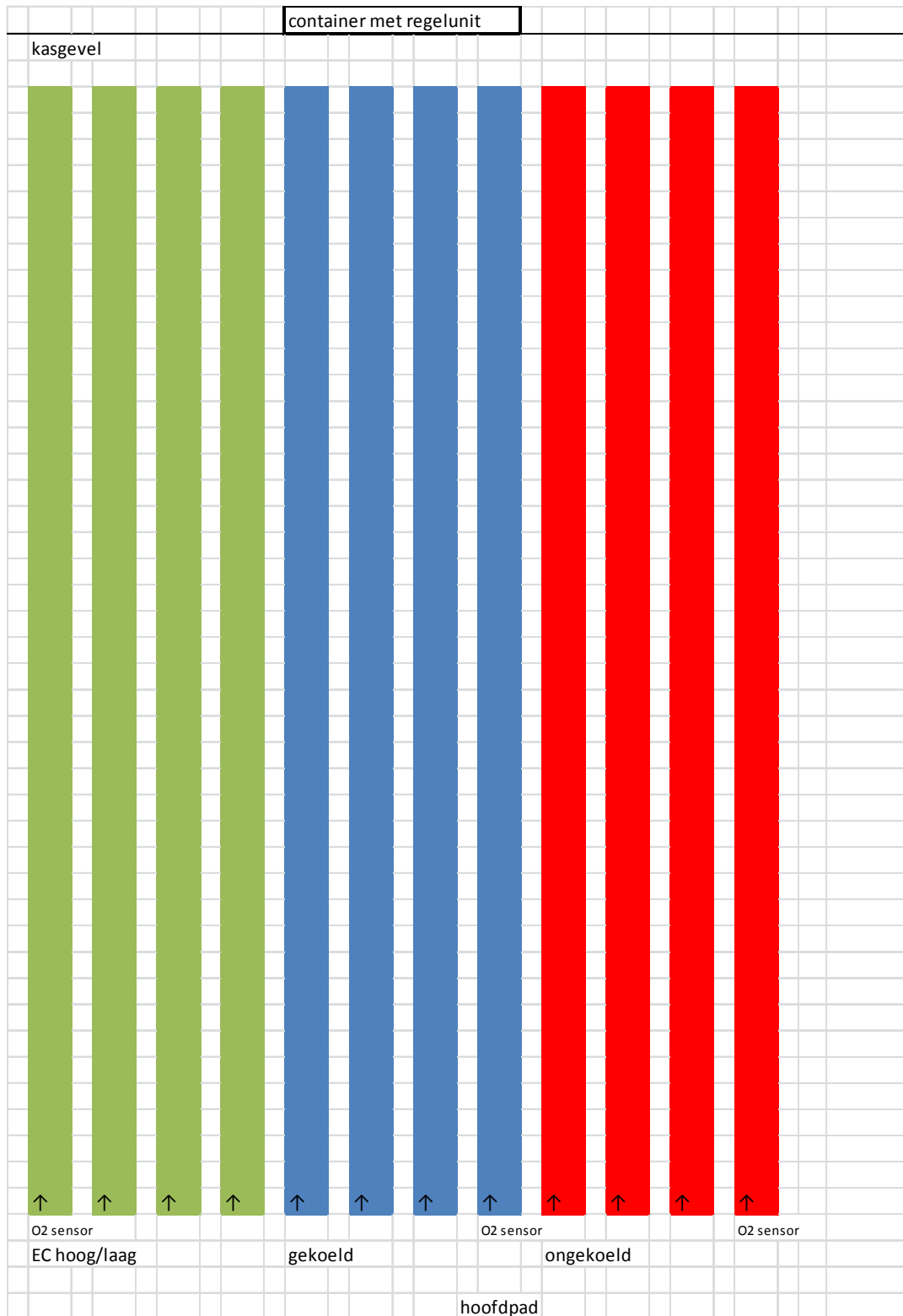
Bij verder uitwerken van dit teeltconcept is het allereerst belangrijk om een gootontwerp te hebben dat aan alle teelteisen voldoet. Het verdient aanbeveling om verschillende ontwerpen op kleine schaal te testen. Belangrijke uitdaging hierbij is om de wortels binnen de teeltgoot te houden, gescheiden van de drainafvoer.

Hierbij is het goed de meest kritische factoren (waterflow, O_2 , T) continu te monitoren. Als een ontwerp goed of juist slecht presteert dan is het nuttig om daarvan de oorzaken te weten.

De volgende stap is het stuurbaar maken van deze factoren, zodat afhankelijk van seizoen en gewasstand kan worden gevarieerd naar zo optimaal mogelijke instellingen.

Bij teelt op water is er een grote waterbeschikbaarheid en relatief makkelijke opname door de plant. Daarnaast is uit literatuur gebleken dat planten water en voedingsstoffen onafhankelijk van elkaar opnemen. Dit biedt mogelijkheden om het substraatloos teeltconcept verder uit te breiden, bv. met een split-root systeem (Sonneveld, 2000). Hieruit blijkt namelijk dat planten water en voeding onafhankelijk van elkaar opnemen. Tomaten zijn geteeld op een goot met split root systeem: wortels in 2 goten, één met lage en één met hoge EC. Hiermee wordt de plant zelf in staat gesteld om datgene op te nemen (water en/of voeding) wat op elk moment van de dag gewenst is.

Bijlage 1: Proefschema



Bijlage 2: EC sturing

Principe momentane EC sturing [nav studie v. Ieperen, 1996]

Achtergrond

Hoge EC reduceert groei en opbrengst [hoge osmotische druk in de wortelzone leidt tot lagere waterpotentiaal in de plant, oftewel minder turgor]. Ook minder opname Ca -> meer neusrot

Doel

Door slim gebruik te maken van verschillende EC niveau's voordelen van hoge en lage EC combineren

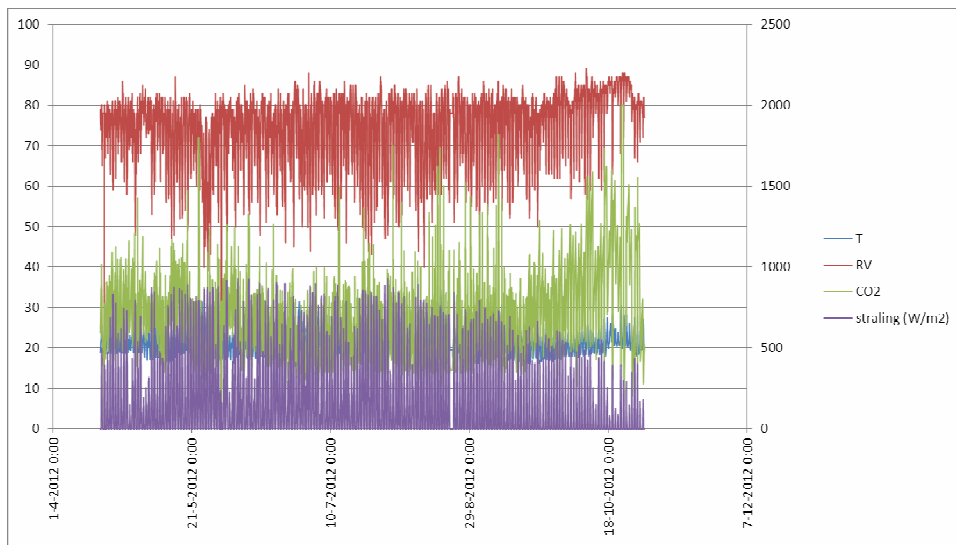
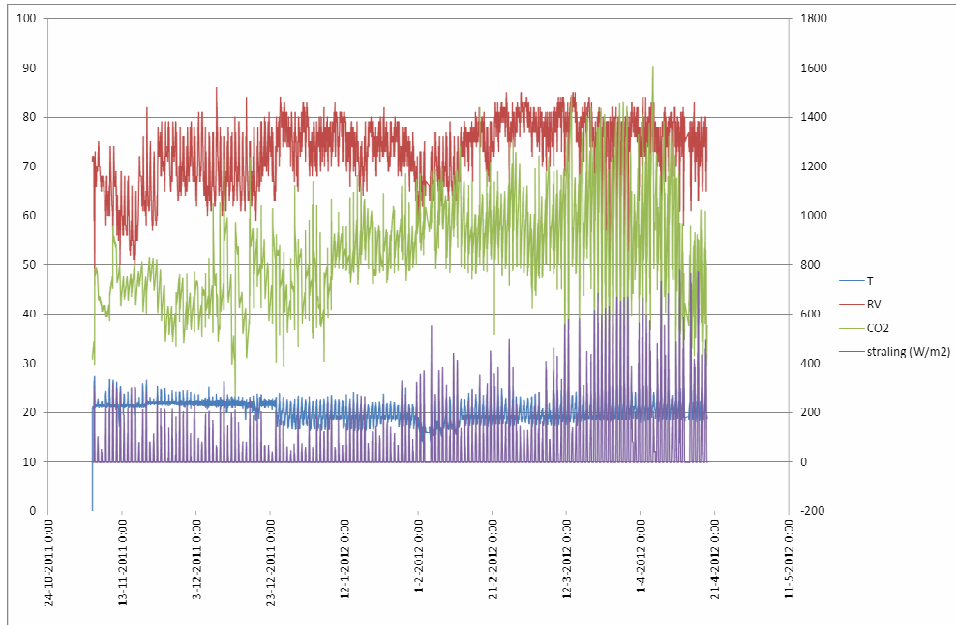
Opzet proeven

- Teeltperiodes: jan-jun, apr-jul, sep-dec
- 4 EC beh.: 1/9, 9/1, 5/5, 9/9
- Start behandelingen: 1 week na planten
- Tijdstip behandelingen: 6.00 – 18.00 u [vaste setpoints]
- Goot: 4 m. bij 15 cm, 7 planten per goot (2,1/m²)
- 8 goten per behandeling
- Afschot goot: 1:50
- Aanvoer over hele lengte van de goot via geperforeerde buis
- Aanvoer: 120 l/u/goot
- verschillende voorraadbakken van 350 l
- Bij wisselen van de behandelingen 30 minuten geen gift en hiermee totale uitdrain realiseren.
- Bij EC afwijking >0,5 bijsturen. Als dit verhoudingstechnisch niet meer lukt dan lozen. Tijdens de proef is 1-4 keer per week voedingswater geloosd.

Resultaten

- Gedurende voorjaar en zomer bij beh. 1/9 +20% kg productie
- Gedurende voorjaar en zomer bij beh. 9/1 -14% kg productie
- Extra kg voornamelijk door hoger vruchtgewicht
- Geen neusrot bij lage EC overdag
- Drogestof%: - 1/9: 5,3%, 9/1: 6,1%, 5/5: 5,7%, 9/9: 7,7%

Bijlage 3: Klimaat



Bijlage 4: Toelichting schimmelanalyses

Fusarium sp.

Algemene Fusarium soorten komen onder normale omstandigheden voor in substraatteelten. De aanwezigheid van de schimmel hoeft geen ziekteproblemen te veroorzaken.

Fusarium oxysporum

De aanwezigheid van Fusarium oxysporum kan schade veroorzaken aan het gewas. De schimmel kan de oorzaak zijn van verwelkingsproblemen in vele gewassen. Deze soort is echter niet per definitie schadelijk in het gewas Paprika en komt veel voor, omdat er ook veel niet schadelijke ondersoorten bestaan.

Fusarium solani

Fusarium solani kan voet- en wortelrot veroorzaken. Het is aan te bevelen bij een matige en sterke aanwezigheid het water te behandelen tegen de schimmel. Als er wortelrot en verwelkings symptomen waarneembaar zijn in het gewas, is het ook aan te raden en behandeling met een fungicide uit te voeren.

Pythium sp.

Bij een signaal van uitsluitend Pythium sp. is er vaak geen reden tot verontrusting. De schimmel leeft van dood organisch materiaal en is niet per definitie schadelijk voor de plant. Alleen onder zeer extreme omstandigheden kan deze schimmel lichte verbruining van de wortel veroorzaken. Maatregelen zijn meestal niet nodig.

Pythium aphanidermatum, Pythium irregulare en Pythium ultimum

Deze Pythium-soorten kunnen in enkele gevallen ernstige wortelschade veroorzaken. Vooral als het gewas verzwakt is of een moeilijke periode doormaakt kunnen de genoemde schimmels hun slag slaan. De wortels van het gewas worden dan aangetast.

Pythium ultimum, ook wel kiemplantenziekte genoemd maakt gebruik van de conditie van jonge planten. Bij detectie van één van de schimmels adviseren wij maatregelen te nemen.

Phytophthora sp., P. capsici, P. cryptogea en P. nicotianae

Veel van de Phytophthora soorten kunnen wortel- en stengelrot veroorzaken. De schimmel kan zeer agressief en een gezond en goed groeiend gewas infecteren. De schimmel heeft zich aangepast om zich via water verspreiden. Water is een grote bron van besmetting. P. capsici is voornamelijk schadelijk bij paprika. De schimmel wordt vaak waargenomen als het gewas in een jong stadium is. Bij aanwezigheid van Phytophthora sp. in het recirculatie water adviseren wij om direct maatregelen te nemen.

Colletotrichum coccodes (zwarte spikkel)

Een lichte aanwezigheid van Colletotrichum coccodes hoeft geen ziekteproblemen te geven. De schimmel manifesteert zich voornamelijk op de wortels en veroorzaakt daar zwarte vlekjes. Alleen bij een matige tot sterke aanwezigheid kan deze schimmel groeivertraging veroorzaken en zich bij sterke plantbelasting snel uitbreiden. De temperatuur en de hoeveelheid vocht zijn bepalende factoren. Deze schimmel wordt vaak gezien in combinatie met Pyrenochaeta lycopersici.

Pyrenochaeta lycopersici (kurkwortel)

Deze schimmel komt slechts weinig voor in Paprika, als de schimmel waargenomen wordt zijn de wortels verdikt en verkurkt. Als gevolg van deze verkurking barsten de wortels open. Deze schimmel wordt vaak gezien in combinatie met Colletotrichum coccodes.

Verticillium albo-atrum en Verticillium dahliae

Deze schimmels komen zeer zelden voor bij de teelt van Paprika. Planten verwelken gedeeltelijk of in het geheel. Oudere bladeren vergelen. De vaatbundels in de stengel verstoppen waardoor het opwaarts transport wordt belemmerd. De stengel doorsnede is niet helderwit. Als de schimmel wordt waargenomen wordt directe actie tegen de schimmel geadviseerd.

Trichoderma sp. en T. harzianum

Trichoderma is een antagonistische schimmel. De schimmel wordt veel ingezet om wortels preventief te beschermen tegen andere schadelijke schimmels. Trichoderma is in staat de wortels van een gewas te bezetten en daarmee een infectie met ziekteverwekkende schimmels te voorkomen.

Bijlage 5: Goot ontwerp

Goot-overleg 12-6-2012

Aanwezig: Rolf Vijverberg, Robert Vollebregt, Patrick van der Voort, Michel van Ruijven, Sjaak van Dijk, Dave van Marwijk

Tijdens bespreken verbeterpunten is ook genoemd het watervolume. Zou mooi zijn als dit omlaag zou kunnen, i.v.m. ontsmetten drainwater (bv naar 4 l/m²/u overdag en de helft daarvan s nachts). Daar waar de draingoot zwart is gemaakt lijkt geen algengroei op de goot te zitten. Mogelijk dat het zwart het licht dusdanig goed absorbeert dat er geen algen kunnen groeien.

Na discussie zijn er 4 goot-ideeën welke interessant zijn om nog deze zomer kleinschalig te testen;

1. Bestaande goot omdraaien en anti-worteldoek daaroverheen spannen. Daarop een bak (met vlakke bodem) met deksel, 1 draingaat aan de kopse kant en watergift druppelend in de goot
2. Bestaande goot omdraaien en anti-worteldoek daaroverheen spannen. Daarop een bak (met profiel bodem: librabak?) met deksel, 1 draingaat aan de kopse kant en watergift m.b.v. druppelaars op de pot
3. Vergelijkbaar aan de goot in de proef, maar dan met een opstaand randje aan de zijkant. Elke meter een draingaat. Draingootje en drainuitloop zwart maken.
4. Een goot met draingaat in het midden en daar waar het draingaat is geen deksel (dus in het licht) en zwart verven. Zijkant naar de wortels toe dicht maken. Watergift druppelend in de goot. Drainopvang onder de goot.

Per ontwerp belangrijkste doelen om te testen;

- Gewas- en wortelgroei op zich
- Waterverlies tegengaan
- Geen lichtval in de goot
- Zo weinig mogelijk drainwater in contact met licht
- In hoeverre blijft de wortel in de goot?