

Automatisering vochtvoorziening in pot- en containerteelt

Optimaliseren van de watergift met weegsysteem of vochtsensoren

P. van Dalfsen en J. van Leijden

Praktijkonderzoek Plant en Omgeving, sector
Bloembollen, Boomkwekerij en Fruit
PPO-projectnummer 32 360593 00

Lisse, april 2010

© 2010 Wageningen, Stichting Dienst Landbouwkundig Onderzoek (DLO)

Alle intellectuele eigendomsrechten en auteursrechten op de inhoud van dit document behoren uitsluitend toe aan de Stichting Dienst Landbouwkundig Onderzoek (DLO). Elke openbaarmaking, reproductie, verspreiding en/of ongeoorloofd gebruik van de informatie beschreven in dit document is niet toegestaan zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van DLO.

Voor nadere informatie gelieve contact op te nemen met: DLO in het bijzonder onderzoeksinstituut Praktijkonderzoek Plant & Omgeving, Business Unit Bloembollen, Boomkwekerij en Fruit

DLO is niet aansprakelijk voor eventuele schadelijke gevolgen die kunnen ontstaan bij gebruik van gegevens uit deze uitgave.

Dit project is gefinancierd door:



Het project is uitgevoerd in samenwerking met:

Broere Beregening

Bloemendaalseweg 4A

2741 LE Waddinxveen

www.broereberegening.nl

Projectnummer: 32 360593 00

PT-nummer 12801.02

Praktijkonderzoek Plant & Omgeving,
Sector Bloembollen, Boomkwekerij en Fruit

Adres : Prof. van Slogterenweg 2, Lisse

: Postbus 85, 2160 AB Lisse

Tel. : 0252 - 462121

Fax : 0252 - 462100

E-mail : infobomen.ppo@wur.nl

Internet : www.ppo.wur.nl

Samenvatting

Watergeven in de pot- en containerteelt vraagt veel vakmanschap. Te weinig water geven, geeft gewasschade, terwijl teveel water geven leidt tot uitspoeling van nutriënten en vaak een slechte wortelkwaliteit. Technische hulpmiddelen kunnen deze afstemming optimaliseren en ook automatiseren. In dit project zijn twee belangrijke meetsystemen getest, namelijk een weegsysteem (doorontwikkeld door Broere Berekening) en vochtsensoren. Deze systemen zijn in een teeltproef bij PPO met elkaar vergeleken met als testgewas *Viburnum tinus*. Daarvoor zijn de volgende 4 behandelingen opgezet:

1. Watergift met tijd klok; Osmocote-bemesting (controle-behandeling)
2. Watergift met tijd klok; bemesting via regenleiding (controle-behandeling)
3. Watergift sturen met weegsysteem; bemesting via regenleiding (2-voud)
4. Watergift sturen met vochtsensor; bemesting via regenleiding (2-voud)

In behandeling 3 en 4 kregen de planten automatisch water aan de hand van de meetwaarden. Wel werd elke dag een basisgift gegeven om nutriënten toe te dienen. In de proef is, vergeleken met het handmatig instellen van de watergift, een forse besparing op de water- en mestgift gerealiseerd, door gebruik te maken van de hulpmiddelen als een weegsysteem of vochtsensoren. Het waterverbruik lag ruim 30% lager en op mestgift werd zelfs ruim 40% bespaard. Daarbij was er geen wezenlijk verschil tussen beide systemen en behaalden de planten min of meer dezelfde eindkwaliteit. De mate van besparing is sterk afhankelijk van de instellingen op de watergeefcomputer (vanaf welke ondergrens wordt watergegeven) en de weersomstandigheden.

Technisch bleek het nog niet uitvoerbaar om ook de EC in de pot te sturen. Het probleem is namelijk dat de EC ook afhankelijk is van het vochniveau in de pot; daarvoor zou eerst gecorrigeerd moeten worden. Daarnaast was er in de software geen ruimte om de watergift op meerdere parameters tegelijk te sturen (het signaal uit het weegsysteem of de vochtsensoren was leidend). Hierdoor moest de watergift handmatig gecorrigeerd worden om voldoende voeding in de pot te krijgen.

Uit deze proef is ook gebleken dat het vocht- en EC-niveau in de potten niet gelijkmatiger bleef t.o.v. de handmatig ingestelde watergift. Door de instellingen beter aan te passen op de situatie kan dit naar verwachting wel gerealiseerd worden.

Daarnaast zijn in het project enkele kwekers begeleid in het werken met deze systemen. Op de verschillende bedrijven bleek het weegsysteem een goed en betrouwbaar hulpmiddel voor het bepalen van de watergift. Verder is naar voren gekomen dat het automatisch registreren van de data veel meer informatie oplevert dan enkele keren per dag de meetwaarden handmatig vastleggen. Door de continue registratie ontstaat inzicht in de efficiëntie van de watergift en de behoefte van het gewas onder verschillende weersomstandigheden.

Zowel het weegsysteem als het systeem met vochtsensoren bleken goede hulpmiddelen om de watergift (gedeeltelijk) te automatiseren. Het weegsysteem is met name geschikt voor teelt in grote potten (> 5 liter), omdat het een goed gemiddelde geeft. De meetwaarde is echter een afgeleide van de gevraagde waarde. Vochtsensoren zijn het meest interessant in kleinere potten (tot 5 liter), omdat direct het vochtgehalte gemeten wordt; de EC en pottemperatuur kunnen met deze sensoren ook geregistreerd worden. Van vochtsensoren zijn er draadloze systemen ontwikkeld, die makkelijker te (ver)plaatsen zijn.

Verder is gebleken dat niet elk kraanvak op de kwekerij een eigen meetsysteem nodig heeft. Een kweker kan met een goede kennis over de verhouding in waterbehoefte van zijn gewassen de watergift in deze kraanvakken koppelen aan de watergift in het vak met het meetsysteem.

Bij een praktijkbedrijf is een vochtsensorensysteem gedurende een korte tijd getest. Dit systeem bleek goed te voldoen. Aan de hand van een uitgebreide vochtmeting in een kraanvak is berekend dat 3 à 4 vochtsensoren een goede inschatting geven van het gemiddelde vochtgehalte in het kraanvak.

Inhoudsopgave

pagina

SAMENVATTING.....	3
INLEIDING	7
1 TESTEN EN ONTWIKKELEN VAN AUTOMATISCHE VOCHTVOORZIENINGSSYSTEMEN.....	9
1.1 Inleiding	9
1.2 Opzet teeltproef	9
1.3 Resultaten.....	13
1.3.1 Weersomstandigheden tijdens de proef	13
1.3.2 Vochtniveau gedurende de proef	14
1.3.3 EC-niveau gedurende de proef	16
1.3.4 Potgrondbeoordeling	18
1.3.5 Gewasbeoordeling	19
1.3.6 Interpretatie van meetgegevens	20
1.4 Conclusie en Discussie.....	23
2 BEGELEIDEN AUTOMATISCHE VOCHTVOORZIENING IN DE PRAKTIJK	25
2.1 Inleiding	25
2.2 Begeleiding bedrijven	25
2.2.1 W.T.M. de Boer	25
2.2.2 Bos & Hoogenboom B.V.....	25
2.2.3 Kwekerij Gova B.V.....	26
2.2.4 Andre de Gruyter B.V.	27
2.2.5 Hulst Tuinplanten B.V.	28
2.3 Conclusies en aanbevelingen	30
3 EVALUATIE VAN HET WEEGSYSTEEM EN DE VOCHTSENSOR	31
3.1 Nauwkeurigheid van de meting	31
3.2 Betrouwbaarheid van de systemen	33
3.3 Toepasbaarheid van de systemen	33
4 EINDCONCLUSIES	35
BIJLAGE 1. RESULTATEN POTGRONDBEMONSTERING	37

Inleiding

Het op de juiste wijze watergeven aan planten in de pot- en containerteelt (PCT) vraagt veel vakmanschap. Er zijn ontwikkelingen in dit type teelt, waardoor optimaal watergeven steeds belangrijker wordt:

- teeltzekerheid en uniformiteit (m.n. in droge perioden voldoende vocht in de pot);
- sturen van gewaskwaliteit (door gericht water te geven, kan plantopbouw en bloemzetting gestuurd worden);
- schaarsheid van goed gietwater (zuiniger omgaan met gietwater);
- verminderen emissie van nutriënten (en gewasbeschermingsmiddelen) naar het grond- of oppervlaktewater;
- specialisatie bedrijven (door specialisatie van bedrijven worden partijen per soort groter en kan gericht water gegeven worden)

De watergift moet dus zo goed mogelijk worden afgestemd op de behoefte van het gewas, waarbij rekening wordt gehouden met factoren als voorraad water in de pot, eigenschappen van de gebruikte potgrond en weersomstandigheden (neerslag, verdamping).

Technische ontwikkelingen, zoals weegsystemen en vochtsensoren, maken het mogelijk deze afstemming steeds beter te optimaliseren en automatiseren. Voor het monitoren en/of het sturen van de watergift zijn er twee belangrijke systemen: het weegsysteem en het vochtsensorsysteem. Met het weegsysteem worden een aantal planten continu gewogen en op basis van gewichtsverandering wordt de watergift gestuurd. Met behulp van vochtsensoren in de potten kan vocht en afhankelijk van de sensor ook temperatuur en EC met één meter worden gemeten. Het continu en tegelijkertijd meten van vocht, EC en temperatuur opent nieuwe mogelijkheden voor het monitoren van vochtgehalte en aanwezige hoeveelheid voedingsstoffen. Beide systemen hebben hun voor- en nadelen.

Dit project heeft als hoofddoelen:

- Testen en ontwikkelen van de technische mogelijkheden voor het automatiseren van de watergift;
- Stimuleren van het nauwkeuriger afstemmen van de watergift op de behoefte van de plant;
- Verminderen waterverbruik.

Nevendoelen in dit project zijn:

- Samenwerking en kennisuitwisseling tussen onderzoek, toeleverancier en kwekers om toepassing van dit type systemen in de praktijk te versnellen;
- Verminderen emissie van voedingsstoffen (en gewasbeschermingsmiddelen) naar het grond- en oppervlaktewater
- Verminderen arbeid voor de visuele controle op juiste watergift.

Afbakening:

De nadruk ligt in dit project op de ontwikkeling, testen en optimaliseren van bestaande systemen. De benodigde software voor aansturing van de watergift is grotendeels al aanwezig vanuit de glastuinbouw. Voor zover nodig wordt dit door de toeleverancier verbeterd, maar dat is geen deel van dit project.

Dit project is een vervolg op het in 2007 uitgevoerde project 'Plantweging in de boomkwekerij; optimale vochtvoorziening van pot- en containerplanten gebaseerd op het weegsysteem in de buitenteelt boomkwekerij'. Beide projecten zijn in samenwerking met Broere Beregening B.V. uitgevoerd.

1 Testen en ontwikkelen van automatische vochtvoorzieningssystemen

1.1 Inleiding

In 2007 is het project 'Optimale vochtvoorziening van pot- en containerplanten, gebaseerd op het weegsysteem in de buitenteelt' door PPO uitgevoerd in samenwerking met Broere Berekening B.V. en 5 deelnemende kwekers (project 32 360064 00). Hierin werd de weeggoot vergeleken met het verdampingsmodel, welke op basis van weersgegevens berekent hoeveel water het gewas verdampt heeft. Dit project heeft de volgende resultaten op geleverd:

- Veel kennisuitwisseling over optimale watergift tussen onderzoek, toeleverancier en deelnemende kwekers;
- Alle vijf deelnemende kwekers hebben positieve ervaringen met het weegsysteem. Het systeem was bij verschillende kwekers aanleiding om de strategie te wijzigen (eerder watergeven, berekeningssysteem wijzigen). Verder hebben 3 kwekers het weegsysteem al gebruikt om de watergift te automatiseren. Door het weegsysteem kon makkelijker beslist worden of er water gegeven moest worden;
- Vanwege de relatief natte zomer was er in de proef bij PPO bijna altijd voldoende vocht in de potten. De meerwaarde van de weeggoot in deze proef is hierdoor niet tot uitdrukking gekomen in de behaalde plantkwaliteit. Wel was het vochtgehalte in het proefgewas Thuja in de behandeling 'weeggoot' stabielere dan in de behandeling 'tijdklok'. Bij Viburnum werden deze verschillen niet waargenomen.

Het hier beschreven project is een vervolg op het project in 2007. In 2007 werd bemest met gecontroleerd vrijkomende meststoffen, zodat er water naar behoefte gegeven kan worden. Veel p.c.t.-bedrijven bemesten echter via de regenleiding, zodat ook wanneer de pot voldoende water bevat, water gegeven moet worden om de (uitgespoelde) nutriënten aan te vullen. Omdat dit het automatiseren van de watergift complexer maakt, is deze factor in de proef opgenomen.

1.2 Opzet teeltproef

Behandelingen:

Op het containerveld op de PPO-locatie in Boskoop zijn 4 verschillende behandelingen opgezet:

1. Watergift met tijdklok; Osmocote-bemesting (controle-behandeling)
2. Watergift met tijdklok; bemesting standaard (controle-behandeling)
3. Watergift sturen met weegsysteem; bemesting standaard (2-voud)
4. Watergift sturen met vochtsensor; bemesting standaard (2-voud)

Figuur 1 toont het gebruikte weegsysteem in de proef, welke ontwikkeld is door Broere Berekening B.V.. De vochtsensor staat afgebeeld in Figuur 2. Deze was afkomstig van het bedrijf Delta-T Devices Ltd.

Aanvankelijk was de opzet om behandeling 3 en 4 op te splitsen in elk twee behandelingen. De bemesting zou dan wel of niet gestuurd worden met een EC-sensor. Enkele weken na het inzetten van de proef bleek echter dat dit technisch niet gerealiseerd kon worden. De EC in de pot varieerde namelijk tegelijk met het vochtgehalte en met de potttemperatuur. Hiervoor zou dan gecorrigeerd moeten worden, wat echter niet mogelijk was met de geplaatste watergeefunit. In overleg met de begeleidingscommissie is toen besloten om in behandeling 4 een Leafsen te plaatsen, om te bekijken of zo'n sensor toegevoegde waarde heeft. Een leafsen is een gevoelige sensor, die continu de bladdikte meet. Deze dikte is afhankelijk van de vochtspanning in het blad en kan daarmee signaleren wanneer een plant water nodig heeft (Figuur 3).



Figuur 1. Weegsysteem als meet- en sturingsinstrument voor het vochtgehalte in de pot.



Figuur 2. WET-sensor als sturingsinstrument voor het vochtgehalte in de pot en meetinstrument van de EC-waarde en temperatuur.



Figuur 3. Leafsen-sensor als meetinstrument van de bladdikte.

Begin april 2009 zijn in totaal 6 velden ingericht, waarop elk 250 *Viburnum tinus* planten stonden met 12 planten/m². Plantgoed vanuit P7 werd begin april 2008 overgepot in een 3 liter pot. Het brutoveld was 60 m². De ondergrond was een lava-teeltvloer.

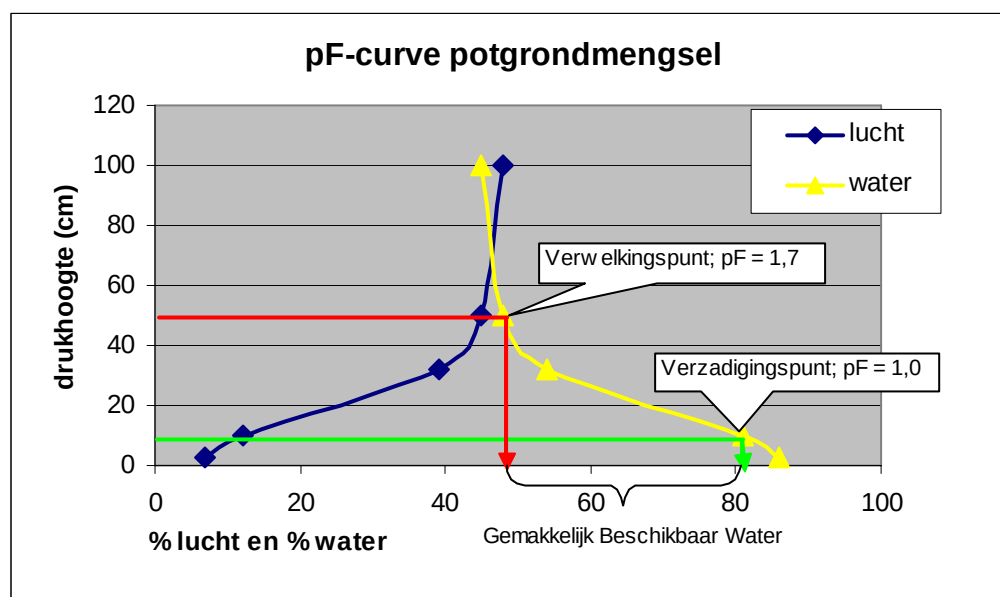
Potgrond

Als potgrond is gekozen voor een relatief luchtig mengsel, zodat er makkelijker watertekort ontstaat. Tijdens de proef is een potgrondmonster fysisch geanalyseerd door BLGG (Kwaliteitsonderzoek substraten, Organisch, fysisch uitgebreid), zie Tabel 1. Hieruit bleek dat de potgrond de volgende eigenschappen had:

Tabel 1. Fysische eigenschappen van de gebruikte potgrond.

Vocht	77%
Organische stof	93%
Bulkdichtheid	119 kg/m ³
Krimp	25%
Poriën	93%

De pF-curve van deze potgrond staat weergegeven in Figuur 4.



Figuur 4. pF-curve van gebruikte potgrond in de proef bij PPO.

Als basisbemesting is 2 kg Osmocote 8/9 maanden standaard per m³ potgrond doorgemengd. Daarnaast is 0,5 kg PG-mix 16+10+20+spoor-elementen/m³ doorgemengd.

Verder is in behandeling 1 in elke pot een tablet toegevoegd van Osmocote Exact; 15+9+9+3MgO; 5-6 mnd; 5 gr/tablet. In de behandelingen 2 tot 4 is het bemestingsschema uit Tabel 2 toegepast.

Tabel 2. Gehanteerde bemestingsschema in de behandelingen 2, 3 en 4 van de proef.

Hoofdelementen mmol/l	April tot half augustus	Half augustus tot eind oktober
NO ₃	6,25	5,50
NH ₄	1,25	0,75
H ₂ PO ₄	0,50	0,75
SO ₄	0,75	1,50
K	1,50	3,00
Mg	0,75	0,75
Ca	2,00	2,00
N/K verhouding	5,0	2,1

De meststoffen werden in 100-voudige concentratie aangemaakt in een A/B-bak en met een mestdoseersysteem toegevoegd aan het bassinwater tot de gewenste EC.

Watergift

Het weegsysteem en de vochtsensoren stuurden in principe automatisch een kraanvak aan, op afstand gevolgd door de proefbegeleiders. De apparatuur registreerde continu het gewicht, respectievelijk het vochniveau in het kraanvak. 's Morgens om 7.00 uur werd een gietbeurt gegeven waarbij de watergift werd bepaald op basis van de actuele waarden in de kraanvakken. Daarbij bepaalden de systemen voor ca. 70% de grootte van watergift. De andere 30% werd standaard gegeven om voldoende voeding mee te geven. Als gedurende de dag het vochniveau in de potten te laag werd, werd automatisch een volgende gietbeurt gegeven. De verhouding van vaste gift en variabele gift, was gedurende de proef niet constant. Met het oog op de gewenste eindkwaliteit van de planten en het inzicht krijgen in de mogelijke besparing met dit type systemen zijn de instellingen per kraanvak regelmatig bijgesteld. Indien nodig, werden de instellingen per week bijgesteld.

Het water werd via overheadberegening met heestersproeiers toegediend. Langs de randen waren er kantdoppen gemonteerd, zodat het water voor het ene kraanvak niet in het naastliggende kraanvak terecht kwam.

Beoordelingen

In de periode van week 20 tot week 43 is totaal achttien maal (meestal wekelijks) het vochtgehalte en de EC in 10 willekeurige potten per behandeling bepaald met de FD-sensor¹, zie (Figuur 5). In de behandelingen met het weegsysteem zijn steeds ook 10 potten op het weegsysteem beoordeeld om de representativiteit van dit systeem te beoordelen t.o.v. de omringende planten. In de behandelingen met de vochtsensor werd de pot met de vochtsensor consequent gemeten in de serie van 10 potten. Omdat de berekening vaak 's morgens uitgevoerd werd, werden de vochtmetingen steeds midden op de dag gedaan. Als de vochtmeting kort na de berekening uitgevoerd zou worden, geeft dit een vertekend beeld.



Figuur 5. FD-sensor als meetinstrument voor volume % vocht, EC-waarde en temperatuur.

Gedurende het project zijn met de software in de watergeefcomputer (Synopta) veel gegevens verzameld, zoals het moment van watergeven per veld, hoeveelheid water per gietbeurt, ingestelde EC-waarde per gietbeurt, waarden van beide weegsystemen, waarden uit beide vochtsensoren (vocht, EC en temperatuur) en meteo-gegevens (temperatuur, neerslag en windsnelheid). Al deze gegevens zijn per 5 minuten gelogd. M.b.v. Excel zijn deze data verder geanalyseerd.

Tijdens de proef is op drie momenten potgrondmonsters genomen om de voedingstoestand in de gaten te houden en zonodig te controleren. Dit is uitgevoerd op 25 juni, 30 juli en 9 september 2008. Hierbij is van elk veld afzonderlijk een potgrondmonster genomen, wat geanalyseerd is door BLGG m.b.v. bemestingsonderzoek Glastuinbouw potgrond. Tevens is op deze momenten een monster van het bassinwater genomen om zonodig de meststoffengift te corrigeren met de reeds aanwezige

¹ Frequence Domain-sensor, ook wel WET-sensor genoemd. Deze meter geeft de vochtgehalten weer in volume % in de potgrond. Daarnaast bepaald deze meter de EC en de temperatuur.

voedingsstoffen in het water. De watermonsters zijn ook door BLGG onderzocht m.b.v. Bemestingsonderzoek Glastuinbouw water.

Aan het eind van het groeiseizoen (16 oktober 2008) is er een uitgebreide gewasbeoordeling gedaan. Per veld zijn 20 planten beoordeeld op gewashoogte, breedte in twee richtingen, de plantkwaliteit (3 categorieën: goed, voldoende, matig), de wortelkwaliteit (1-5: zeer goed – zeer slecht) (zie Figuur 6 en Figuur 7). Van 10 van deze planten is het afzonderlijke gewicht bepaald (plant+pot). Tenslotte is het totaal aan het bovengrondse vers- en drooggewicht van deze tien planten gemeten.



Figuur 6. Klassen voor de gewaskwaliteit; vlnr: 1: goed, 2: voldoende; 3: matig.



Figuur 7. Klassen voor de wortelkwaliteit; vlnr: 1: zeer goed; 2: goed; 3: matig; 4: slecht.

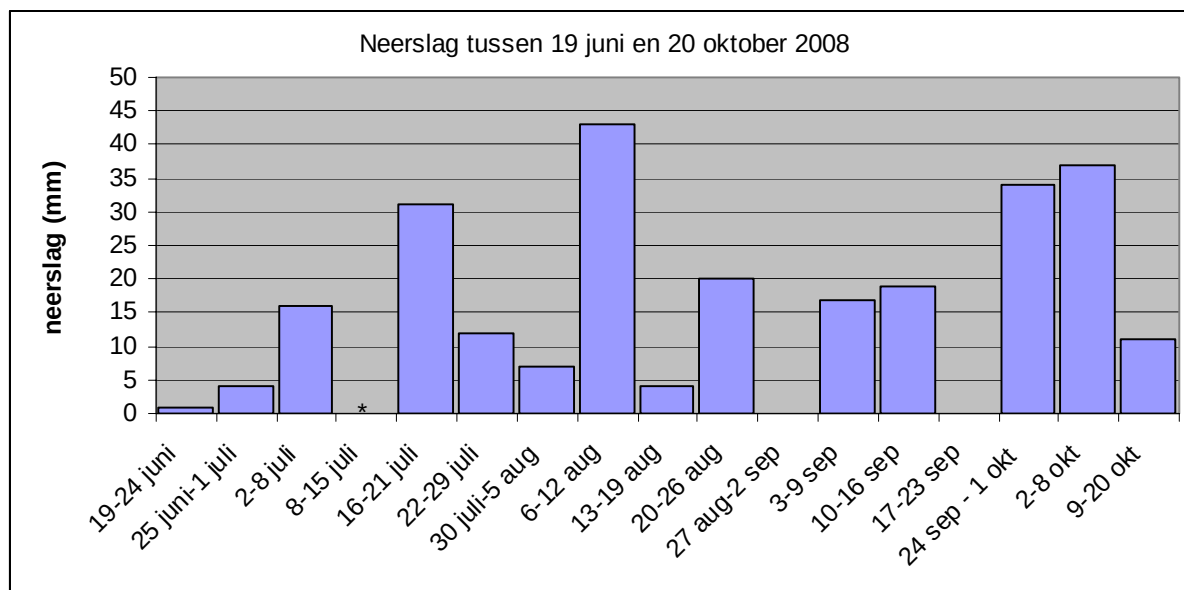
1.3 Resultaten

1.3.1 Weersomstandigheden tijdens de proef

Het voorjaar kwam in 2008 volgens het KNMI laat op gang². Tot half april was het erg koud en zeer nat. April en mei waren daarentegen warm en erg droog. De zomer (juni, juli, augustus) van 2008 werd door het KNMI getypeerd als nat, vrij warm en normale hoeveelheid zon. In De Bilt kwam de gemiddelde temperatuur uit op 17,3 °C tegen 16,6 °C normaal. Op het weerstation bij de PPO-proef was de gemiddelde temperatuur 17,5 °C, dus ook hoger dan de normale waarde. Volgens KNMI ontbrak het in deze zomer aan een wat langere periode met fraai en warm zomerweer. Een groot deel van de maanden juli en augustus verliep bovendien zeer wisselvallig en nat. Met gemiddeld over het land 260 mm neerslag tegen normaal 202 mm was de zomer nat. Op het weerstation in Boskoop werd in deze periode echter ca. 170 mm regen afgetapt, dus daar was het droger dan het langjarig landelijk gemiddelde. Het aantal zonuren week deze zomer, met gemiddeld over het land 610 uren, weinig af van het langjarig gemiddelde van 591. De herfst had een normale temperatuur en hoeveelheid neerslag en was relatief zonnig. Al met al was de situatie in Boskoop tijdens de proef niet extreem en gemiddeld droger dan het landelijk gemiddelde.

² http://www.knmi.nl/klimatologie/maand_en_seizoensoverzichten/index.html#seizoen

In Figuur 8 is de neerslag weergegeven, die gevallen is gedurende de proef.



Figuur 8. Gevallen neerslag (mm) in de periode van 19 juni tot 20 oktober 2008 Elke kolom is ca. 1 week.

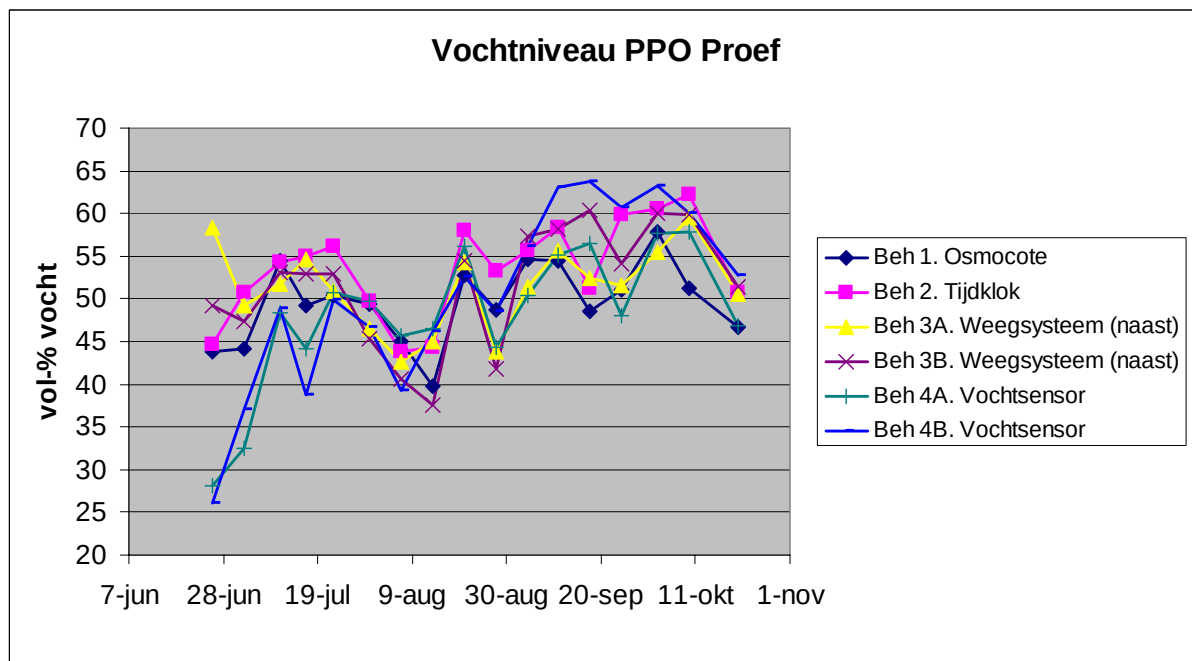
*: van deze week ontbreken de gegevens.

1.3.2 Vochtniveau gedurende de proef

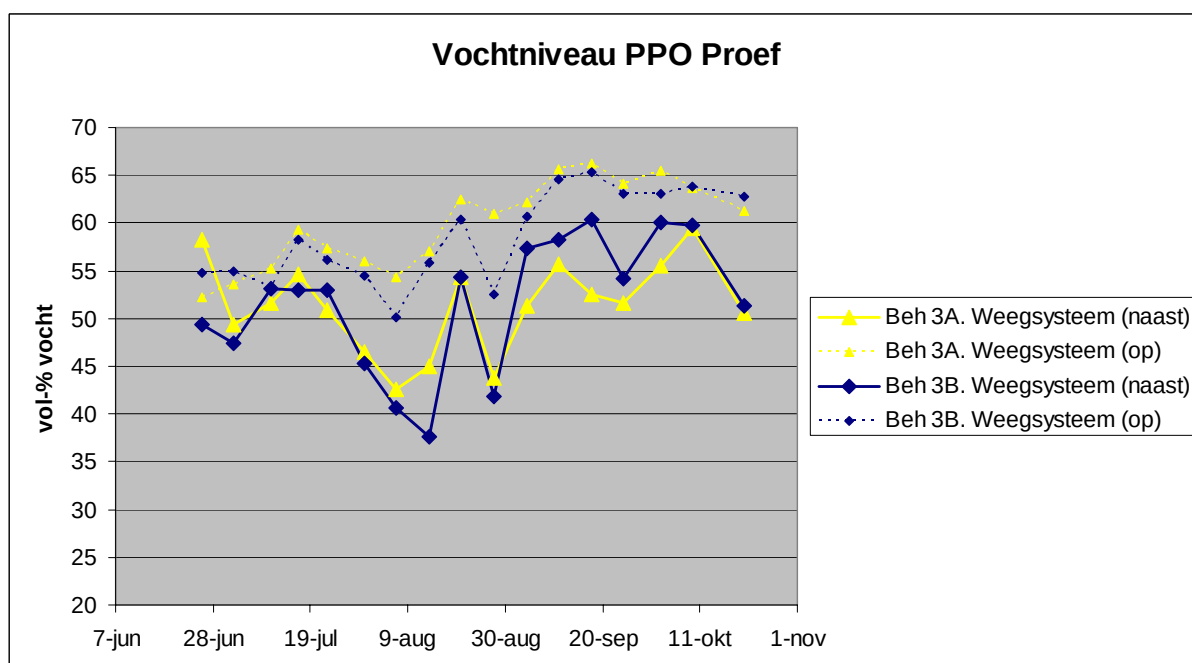
Vochtgehalten in de potgrond tijdens de teelt van 50 – 60 volume % wordt beschouwd als nat telen en vochtgehalten tussen de 40 – 50 volume % als een normaal vochtgehalte. Men teelt droog indien het vochtgehalte tussen de 30 – 40 volume % is. Onder de 30 % vocht treedt er groeiremming op.

In Figuur 9 is het verloop te zien van het verloop van het gemiddelde vochniveau in de verschillende behandelingen, gemeten met de FD-sensor. Behandeling 4 begon op 25 juni met een achterstand, omdat de instellingen nog niet goed waren, waardoor werd er relatief te weinig water werd gegeven. Eind juli/begin augustus liep het vochtgehalte in alle behandelingen terug door een warme periode. Vanaf eind augustus is in behandeling 4B extra water gegeven met een verhoogde EC, omdat de EC in de potgrond aan de lage kant was. Daardoor was het vochtgehalte in die behandeling in die periode relatief hoog. In Figuur 10 is te zien dat het gemiddelde vochniveau in potten op het weegsysteem gedurende het hele groeiseizoen hoger was dan in de potten naast het weegsysteem.

De waarden in beide grafieken kwamen niet boven de 65 vol-% vocht uit, waaruit afgeleid kan worden, dat dit het maximum vochtgehalte voor deze potgrond rond deze waarde ligt.



Figuur 9. Verloop van het vochniveau in de 6 velden, gebaseerd op wekelijkse meting.



Figuur 10. Verloop van het vochniveau in de 2 velden met het weegsysteem, gebaseerd op wekelijkse meting in zowel planten naast het weegsysteem als op het weegsysteem.

Uit Tabel 3 valt af te leiden dat het gemiddelde vochniveau in de behandelingen gedurende het groeiseizoen redelijk dicht bij elkaar lagen. Wel waren de potten op het weegsysteem gemiddeld natter, maar dat was in Figuur 10 al geconstateerd. In deze tabel is echter ook de spreiding (standaarddeviatie) weergegeven van de gemeten vochniveau's. Hoe lager dit getal, des te constanter was het vochniveau in de behandeling. De spreiding ligt in de meeste behandelingen rond het getal van 5. Alleen in behandeling 3B en 4B ligt dit getal wat hoger. Hieruit blijkt dat het weegsysteem en de vochtsensor in deze proef niet voor een constanter vochniveau in de potten hebben gezorgd vergeleken met handmatige bediening (tijd klok).

Tabel 3. Gemiddeld vochniveau (vol-%) en spreiding (standaarddeviatie) erbinen per behandeling in de periode 10 juli tot 20 oktober 2008, gebaseerd op wekelijkse meting met FD-meter.

	Gemiddeld	spreiding
Beh 1. Tijd klok, Osmocote	50.3	4.5
Beh 2. Tijd klok, A/B-bak	54.2	5.5
Beh 3A. Weegsysteem (naast)	51.1	4.8
Beh 3A. Weegsysteem (op)	60.8	4.0
Beh 3B. Weegsysteem (naast)	52.0	7.4
Beh 3B. Weegsysteem (op)	58.9	4.9
Beh 4A. Vochtsensor	50.5	4.9
Beh 4B. Vochtsensor	52.7	8.3

In Tabel 4 is te zien dat vergeleken met de behandeling 'Tijd klok, A/B-bak bemesting' in alle behandelingen duidelijk minder water is gegeven. Door te werken met langzaamwerkende meststof werd 23% water bespaard. Met het weegsysteem werd, ondanks bemesten met vloeibare meststoffen ca. 35% water bespaard t.o.v. het watergeven met een tijd klok. Met vochtsensoren lag dit gemiddeld op 30% besparing. In behandeling 4B werd gemiddeld minder water bespaard, omdat er eind augustus extra water werd gegeven om de EC in de pot te verhogen. Daarmee steeg het waterverbruik. Voor een eerlijke vergelijking is de periode van 17 juni tot 20 oktober gebruikt, omdat in die periode de sturing van de watrigift actief was.

Tabel 4. Waterverbruik (%) per behandeling in de periode 17 juni tot 20 oktober 2008, waarbij behandeling 2 op 100% is gesteld. Daaruit volgt het % besparing aan water.

	Beh 1. tijd klok, Osmocote	Beh 2. tijd klok, A/B-bak	Beh 3. weegsysteem		Beh 4. vochtsensor	
			3A	3B	4A	4B
watergebruik	77%	100%	69%	58%	57%	83%
besparing	23%	0%	31%	42%	43%	17%

1.3.3 EC-niveau gedurende de proef

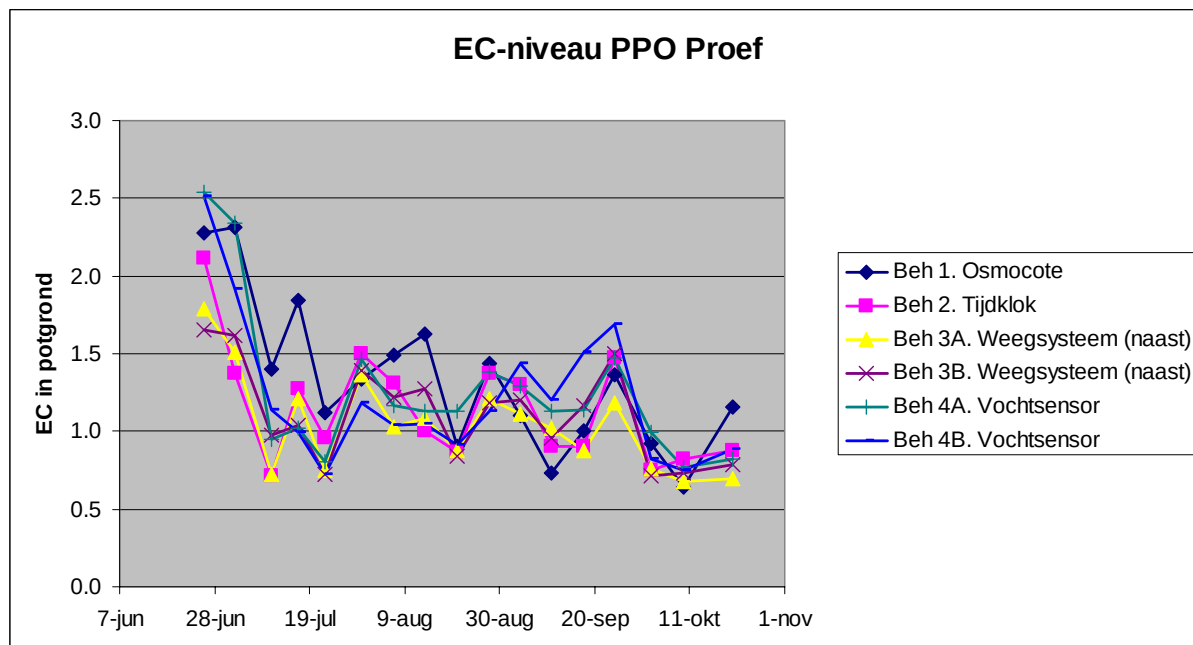
Figuur 11 toont het verloop van de EC in de verschillende behandelingen, gemeten met de FD-sensor. Tot begin juli lag de EC in de meeste behandelingen op een vrij hoog niveau³. Daarna schommelt het meestal tussen 1,0 en 1,5. De behandeling met Osmocote laat regelmatig een wat hogere EC zien dan de overige behandelingen. Verder valt de wat hogere EC in behandeling 4B tussen 10 en 24 september op. In die periode is deze behandeling relatief meer bemest om het EC-niveau in de behandeling op te krikken.

Figuur 12 laat zien dat er verschillen waren in de EC-niveau's in potten op en naast het weegsysteem. Aanvankelijk waren de verschillen tussen op of naast het weegsysteem niet eenduidig. Vanaf begin augustus lag de EC in de potten op het weegsysteem meestal onder die van de potten naast het weegsysteem. Dit heeft een relatie met het vochtgehalte, wat in de potten op het weegsysteem vaak hoger was.

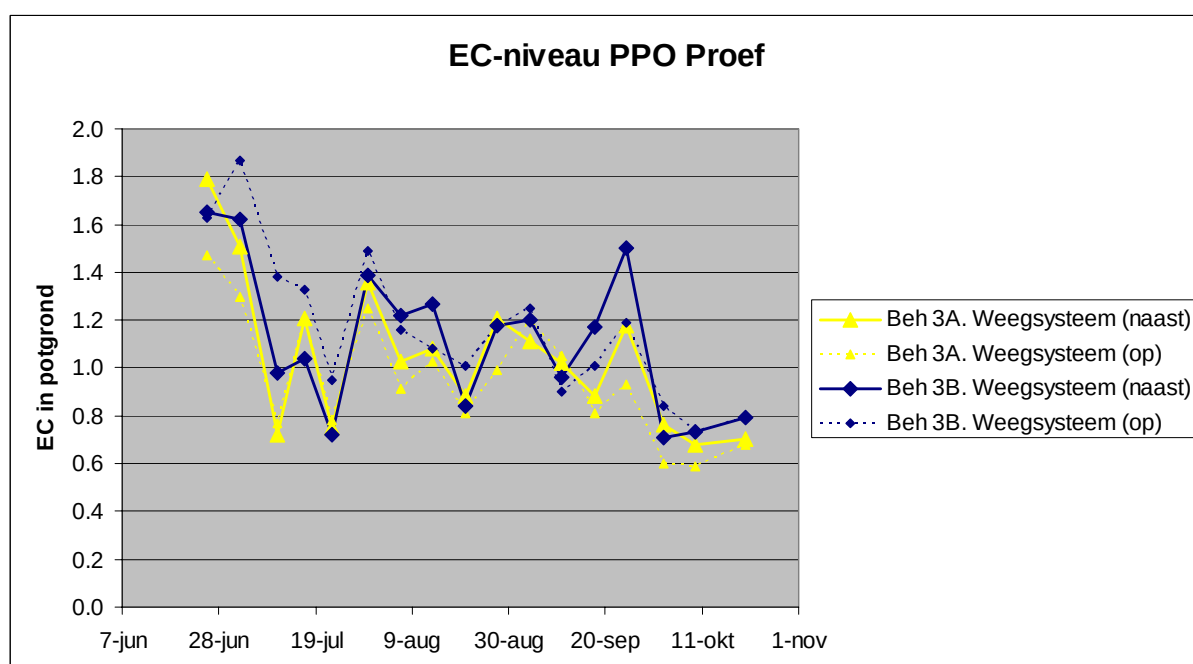
Deze grafieken geven deels een momentopname. Op 10 juli, 20 augustus en 2 oktober zijn er vrij scherpe dalingen te zien in de grafieken. Uit de meteorologische gegevens blijkt dat het op deze dag of de dag ervoor relatief veel geregend had (10 mm). Tussen 6 en 13 augustus is er in de grafiek nauwelijks daling in de EC te zien, terwijl op 7 augustus een zeer zware bui is gevallen (35 mm in een uur; totaal 42 mm in 6 uur).

Het gemiddelde EC-niveau in de verschillende behandelingen was nagenoeg gelijk (Tabel 5). Ook hadden alle behandelingen evenveel spreiding in deze niveau's, dus met een weegsysteem of met vochtsensoren werd geen constanter EC-niveau bereikt.

³ De FD-sensor meet de EC rechtstreeks in het substraat; daarmee is deze waarde altijd hoger dan de EC-bepaling via een grondonderzoek, omdat dan het water in de potgrond verdund wordt met water (1:2,5).



Figuur 11. Verloop van het EC-niveau in de 6 velden, gebaseerd op wekelijkse meting.



Figuur 12. Verloop van het EC-niveau in de 2 velden met het weegsysteem, gebaseerd op wekelijkse meting in zowel planten naast het weegsysteem als op het weegsysteem.

Tabel 5. Gemiddeld EC-niveau (vol-%) en spreiding (standaarddeviatie) erbinnen per behandeling in de periode 10 juli tot 20 oktober 2008, gebaseerd op wekelijkse meting met FD-meter.

	gemiddeld	spreiding
Beh 1. Tijklok, Osmocote	1.2	0.3
Beh 2. Tijklok, A/B-bak	1.1	0.3
Beh 3A. Weegsysteem (naast)	1.0	0.2
Beh 3A. Weegsysteem (op)	0.9	0.2
Beh 3B. Weegsysteem (naast)	1.0	0.3
Beh 3B. Weegsysteem (op)	1.1	0.2
Beh 4A. Vochtsensor	1.1	0.2
Beh 4B. Vochtsensor	1.1	0.3

Aan de hand van watergift per dag per behandeling en de daarbij ingestelde EC van het gietwater is het relatieve meststoffengebruik berekend van behandeling 2 tot 4. In behandeling 1 werd de voeding via Osmocote gegeven en is dus buiten beschouwing gelaten. Met behulp van het weegsysteem of met een vochtsensor werd een meststoffenbesparing gerealiseerd van gemiddeld ruim 40% (Tabel 6).

Tabel 6. % meststoffenverbruik per behandeling in de periode 17 juni tot 20 oktober 2008, waarbij behandeling 2 op 100% is gesteld. Daaruit volgt het % besparing aan meststoffen.

	Beh 2. tijklok, A/B-bak	Beh 3. weegsysteem		Beh 4. vochtsensor	
		3A	3B	4A	4B
% meststoffengebruik	100%	62%	52%	51%	68%
% besparing	0%	38%	48%	49%	32%

1.3.4 Potgrondbeoordeling

Elk veld is op drie momenten bemonsterd, namelijk 25 juni, 30 juli en 9 september. Tegelijkertijd is ook het bassinwater bemonsterd. De analysecijfers zijn te vinden in Bijlage 1. De monsteruitslagen zijn beoordeeld of de nutriënten op een voldoende niveau zijn. Als voedingsniveau's in het algemeen laag waren, kregen deze vakken tijdelijk extra voeding mee met het gietwater.

Veld 1 Tijklok, Bemesting Osmocote

Tijdens de eerste waarneming op 25 juni waren alle voedingsstoffengehalten op een goed niveau. Zink was vrij hoog. De pH is vrij laag. Op 30 juli zijn alle voedingsstoffengehalten nog steeds op een goed niveau. Nu is mangaan vrij hoog. Tijdens de laatste bemonstering bleek dat alle voedingsstoffengehalten op een laag niveau waren, met uitzondering van fosfaat. Het fosfaat gehalte is goed. Ook de EC-waarde was laag. Natrium en chloride waren op alle drie tijdstippen gunstig laag. Ook de pH was gedurende heel het seizoen vrij laag. Het voedingsniveau in de proef was in het begin goed, maar zakte naar het eind van de proef.

Veld 2 Tijklok, Bemesting met A/B-bak

Alle voedingsstoffen van de hoofdelementen waren op 25 juni laag. De gehalten aan spoorelementen waren goed. De pH was vrij laag. De EC-waarde was laag. Bij de tweede waarneming waren alle voedingsstoffen van de hoofdelementen weer laag. De gehalten aan ijzer en mangaan als spoorelementen waren vrij laag. De overig spoorelementen waren matig. De pH was goed en de EC-waarde laag. Ook in september waren alle voedingsstoffen van de hoofdelementen laag met uitzondering van magnesium en fosfaat. De gehalten aan magnesium en fosfaat waren namelijk goed. De gehalten aan mangaan en koper waren wel vrij hoog. De overige spoorelementen waren goed. De pH was goed en de EC-waarde was laag. De natrium en chloride gehalten bleven de hele proef gunstig laag. In het algemeen was gedurende de hele proef het voedingsniveau aan de lage kant. Dit kan deels komen door de hogere watergift. Een andere verklaring is dat dit veld na veld 1 water kreeg, waardoor er nog onbemest water in de leidingen aanwezig was. Halverwege de proef is het leidingsysteem hierop aangepast en werd de leidingen doorgespoeld tussen gietbeurten tussen twee velden.

Veld 3A Weeggoot, Bemesting met A/B-bak

Op 25 juni waren alle voedingsstoffengehalten vrij laag met uitzondering van fosfaat. Fosfaat was voldoende aanwezig. De spoorelementen gehalten waren voor ijzer redelijk en voor de anderen goed. De EC-waarde was vrij laag. Een maand later waren alle voedingsstoffengehalten voldoende aanwezig met uitzondering van Kali, want het kaligehalte was matig. De spoorelementen gehalten waren goed. De EC-waarde is goed. Bij de laatste bemonstering bleek dat alle voedingsstoffengehalten, zowel de hoofd- als spoorelementen zeer laag waren. De pH was gedurende de hele proef in dit veld vrij laag. De natrium en chloride gehalten bleven de hele proef gunstig laag. In dit veld waren de voedingsniveaus in het begin en aan het eind laag, tussendoor waren de niveau's goed.

Veld 3B Weeggoot, Bemesting met A/B-bak

De voedingsstoffen gehalten inclusief de spoorelementen waren op 25 juni goed. De pH is vrij laag. De EC-waarde is redelijk. Op 30 juli zijn alle voedingsstoffengehalten inclusief de spoorelementen vrij laag met uitzondering van fosfaat, want deze is op een goed niveau. De pH is vrij laag. De EC-waarde is redelijk. Op 9 september waren alle voedingsstoffen gehalten inclusief de spoorelementen vrij laag. De pH was toen vrij goed, maar de EC-waarde was erg laag. Evenals in de andere velden waren de Na en Cl gehalten het hele seizoen gunstig laag. Al met al was het voedingsniveau in dit veld in het begin wel goed, maar was het vanaf de zomer laag.

Veld 4A Vochtsensor, Bemesting met A/B-bak

De voedingsstoffengehalten inclusief de spoorelementen waren goed op 25 juni. De EC-waarde was redelijk. De potgrond was bij bemonstering droger dan van veld 1 t/m 3B. Daardoor worden iets hogere voedingsgehalten gevonden. Bij de tweede waarneming waren de voedingsstoffengehalten laag en de spoorelementen vrij laag. Ook de EC-waarde was vrij laag. Bij de laatste bemonstering waren de voedingsstoffengehalten goed, evenals de spoorelementen. De EC-waarde was ook goed. De natrium en chloridegehalten bleven gunstig laag. De pH was wel steeds aan de lage kant. In dit veld vertoonde het voedingsniveau tijdens de middelste bemonstering een dip; op de andere twee momenten was het wel goed.

Veld 4B Vochtsensor, Bemesting met A/B-bak

Bij de eerste bemonstering waren alle voedingsstoffen op een goed tot vrij hoog niveau voor zowel hoofd als spoorelementen. De pH was goed evenals de EC-waarde. De potgrond was bij bemonstering droger dan van veld 1 t/m 3B. Daardoor zijn de voedingsgehalten relatief iets hoger. Bij de tweede bemonstering zijn alle voedingsstoffen gehalten vrij laag tot laag. De spoorelementen gehalten zijn matig tot goed. De pH is vrij laag en de EC-waarde is laag. Bij de derde bemonstering bleek dat de niveau's van alle voedingsstoffen goed was. Wel was de pH nog vrij laag; de EC-waarde was goed. De ballastzouten natrium en chloride waren steeds weinig aanwezig. Evenals in veld 4A was het voedingsniveau bij het middelste bemonsteringstijdstip laag; op de andere twee momenten was het wel goed.

Bassinwater -Recirculerend

Tijdens alle drie bemonsteringen zijn de voedingsstoffengehalten laag met uitzondering van Calcium. Het bicarbonaatgehalte is wat aan de lage kant. Voor de gewenste pH stijging van de potgrond mag het bicarbonaatgehalte in het gietwater nog stijgen. De pH van het gietwater is goed.

1.3.5 Gewasbeoordeling

Aan het eind van de proef zijn de planten beoordeeld. De resultaten staan vermeld in Tabel 7. Omdat de proef niet in herhalingen uitgevoerd is, is er geen statistische analyse uitgevoerd. Om toch een indruk van de spreiding in de waarnemingen te krijgen, is de gemiddelde standaarddeviatie berekend per parameter. Wanneer het verschil tussen behandelingen kleiner is dan deze standaard deviatie, zijn de behandelingen niet betrouwbaar verschillend van elkaar.

Tabel 7. Gewasbeoordeling van de 6 proefvelden aan het eind van het groeiseizoen.

Behandeling	lengte (cm)	breedte 1 (cm)	breedte 2 (cm)	Wortel-kwaliteit (1-5)	Gewas-kwaliteit (1-3)	Vers-gewicht (g)	Droog-gewicht (g)
Beh 1. Tijd klok; Osmocote	34	37	31	3.9	1.5	146	53
Beh 2. Tijd klok; A/B-bak	35	42	36	3.2	1.9	202	72
Beh 3A. Weegsysteem	33	39	32	3.1	1.9	173	65
Beh 3A. Weegsysteem (op)	28	36	31	3.3	1.9	185	68
Beh 3B. Weegsysteem	32	40	31	3.6	1.6	165	60
Beh 3B. Weegsysteem (op)	29	37	32	3.2	1.5	175	66
Beh 4A. Vochtsensor	34	36	32	3.1	1.3	182	65
Beh 4B. Vochtsensor	29	35	30	3.3	1.6	173	60
gem st.devatie	4	5	5	0.6	0.6	16	6

Wortelkwaliteit: 1: zeer goed; 5: zeer slecht

Gewaskwaliteit: 1: uitstekend, 2: voldoende/goed, 3: matig

Vers- en drooggewicht: gemiddelde van 10 planten

In lengte en breedte waren er geen grote verschillen tussen de behandelingen. Behandeling 2 (Tijd klok, A/B-bak) liet gemiddeld iets grotere planten zien. Opvallend was verder dat de planten die op het weegsysteem stonden wat korter en iets smaller waren dan de planten die rond het weegsysteem stonden.

De wortelkwaliteit was aan het eind van de proef in het algemeen matig tot voldoende. In behandeling 1 (Tijd klok en Osmocote) was deze gemiddeld het slechtste. Ook in een behandeling met het weegsysteem was de wortelkwaliteit iets minder. Er was geen verschil in wortelkwaliteit tussen planten die op of naast het weegsysteem stonden.

De gewaskwaliteit was in het algemeen redelijk goed. De kwaliteit in behandeling 1 (Tijd klok, Osmocote) en behandeling 4 (Vochtsensor) was gemiddeld iets beter dan behandeling 2 (Tijd klok, A/B-bak). De behandeling met het weegsysteem zat hier tussen in.

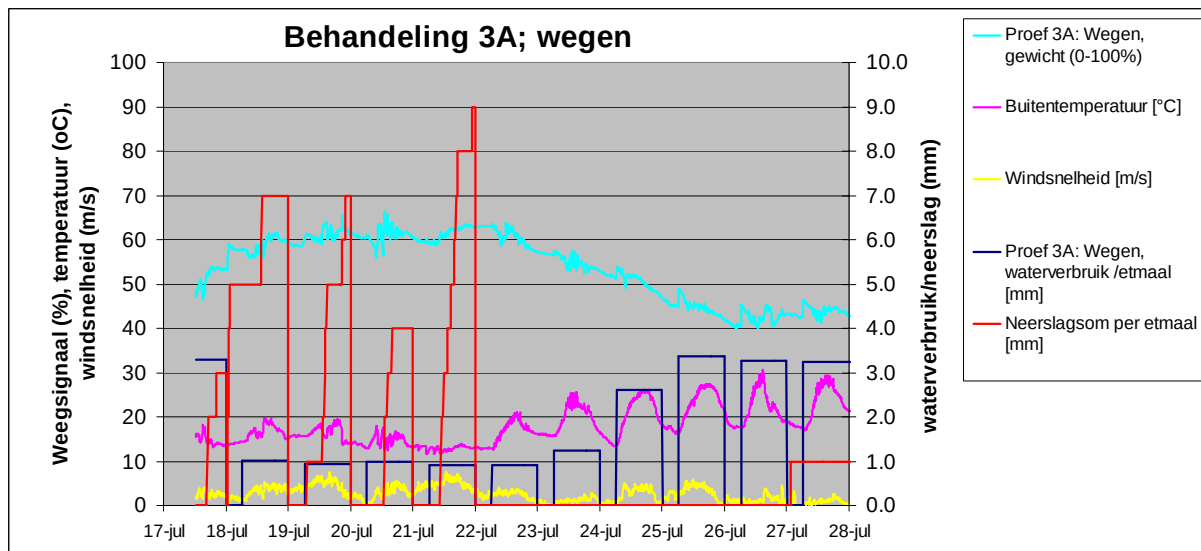
Qua vers- en drooggewicht scoorde behandeling 2 (Tijd klok, A/B-bak) het beste en Behandeling 1 (Tijd klok, Osmocote) het slechtste. In de behandeling met de vochtsensor was dit iets meer dan in de behandeling met het weegsysteem. Opvallend was dat de planten op het weegsysteem wat kleiner waren dan de planten ernaast, maar toch een iets hoger versgewicht hadden.

Geen van de behandelingen scoorde op alle punten het beste. In Behandeling 2 (Tijd klok, A/B-bak) zijn de planten wel het meeste gegroeid, maar was de gemiddelde gewaskwaliteit toch minder. De behandelingen met de automatische watergift (3 en 4) hadden iets minder groei, maar een licht betere gewaskwaliteit.

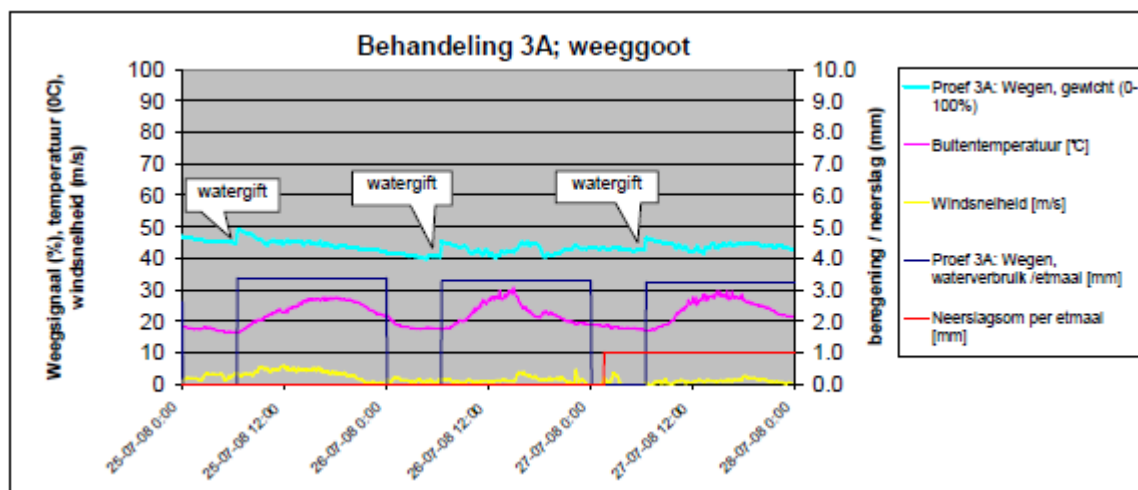
1.3.6 Interpretatie van meetgegevens

Het vastleggen van de meetgegevens door de watergeefcomputer levert veel informatie op. Hierna worden enkele voorbeelden beschreven.

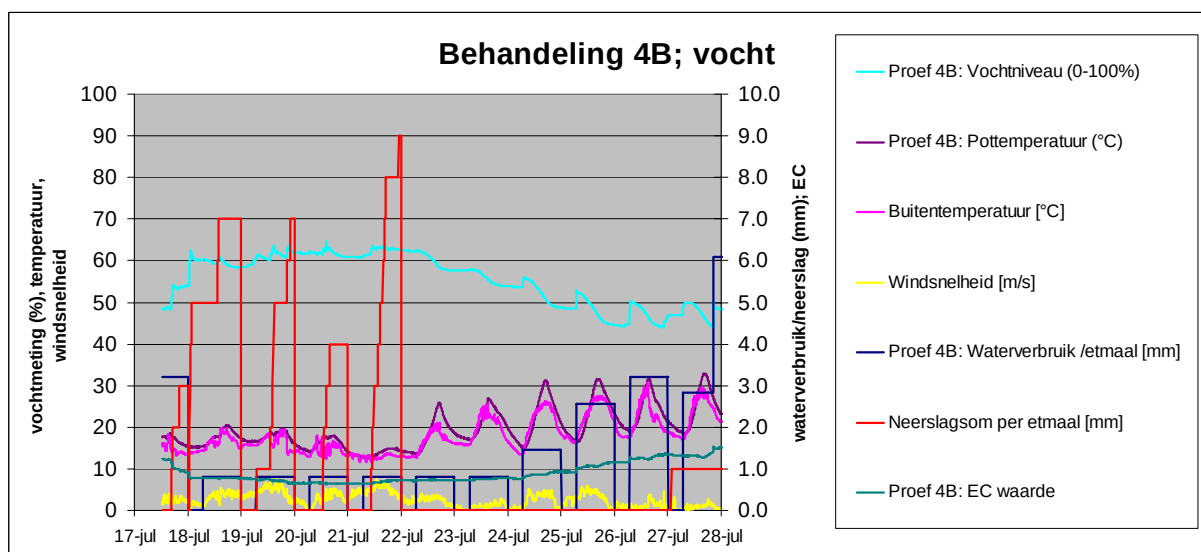
In Figuur 13 is het weegsignaal te zien als resultaat van diverse gebeurtenissen. Van 17 tot 21 juli wordt er een hoog signaal gemeten, doordat er dagelijks neerslag valt. De potgrond is verzadigd, zodat het gewicht weinig meer toeneemt, ondanks de neerslag. De dagen erna neemt het gewicht langzaam af door verdamping. De watergift wordt automatisch opgevoerd. Het weegsignaal wordt wat onregelmatig bij plotselinge temperatuursveranderingen. In Figuur 14 is er ingezoomd op enkele warme dagen. Hierin is duidelijk de watergift te herleiden. Uit dit plaatje kan geconcludeerd worden dat de hoeveelheid gegeven water op 25 juli aan de krappe kant was. Netto is die dag meer water verdampt dan aangevoerd, zodat het gewicht afgenomen is.



Figuur 13. Verloop van het weegsignaal in relatie tot de neerslag, watergift, temperatuur en windsnelheid in behandeling 3A in de periode 17 tot 28 juli 2008.

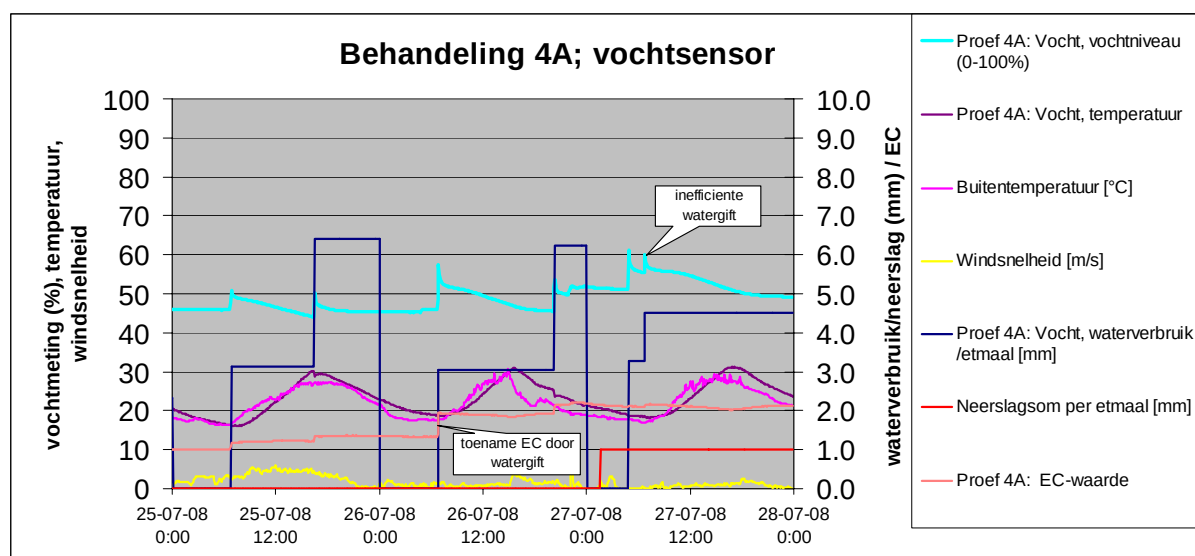


Figuur 14. Verloop van het weegsignaal in relatie tot de neerslag, watergift, temperatuur en windsnelheid in behandeling 3A in de periode 25 tot 28 juli 2008.



Figuur 15. Verloop van het vochniveau, pottemperatuur en EC in relatie tot de neerslag, watergift, temperatuur en windsnelheid in behandeling 4B in de periode 17 tot 28 juli 2008.

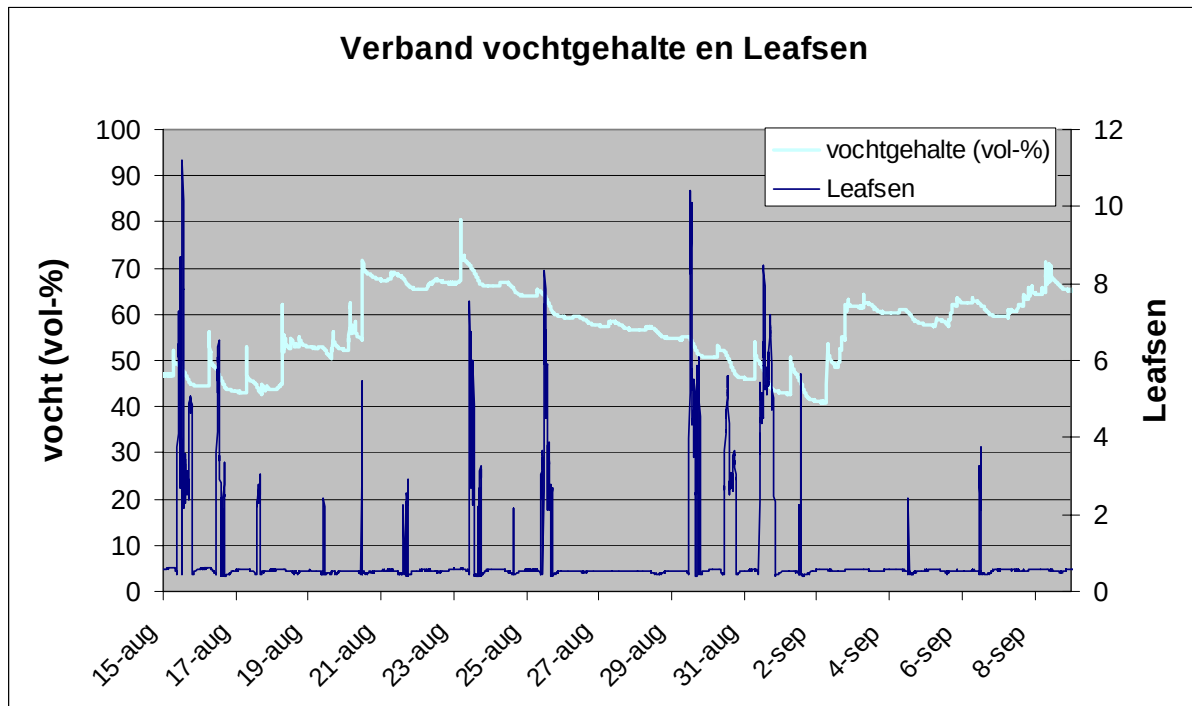
Figuur 15 geeft een beeld van verzamelde data in de behandeling met de vochtsensor in behandeling 4B. Ook hier is de het vochniveau in de pot hoog door de neerslag op m.n. 17 en 18 juli. Daarna stijgt het vochniveau nauwelijks, dus is de potgrond verzadigd. Ook de EC loopt dan terug. Zodra het weer droog en warm wordt, neemt het vochtgehalte af, waarbij de watergift automatisch opgevoerd werd. Op 27 juli werden zelfs twee giften gegeven. De EC loopt vanaf 24 juli weer op doordat de potgrond droger wordt en voeding via de watergift gegeven wordt. Ook is te zien dat de potttemperatuur op warme dagen hoger wordt dan de omgevingstemperatuur en dat de potttemperatuur iets achterloopt op de luchttemperatuur.



Figuur 16. Verloop van het vochniveau, potttemperatuur en EC in relatie tot de neerslag, watergift, temperatuur en windsnelheid in behandeling 4A in de periode 25 tot 28 juli 2008.

In Figuur 16 is goed te zien dat in behandeling 4A op 26 juli de EC in de potgrond toeneemt door de watergift (met daarin meststoffen). Op 27 juli zijn twee watergiften kort achter elkaar gegeven. Door de tweede watergift is het vochtgehalte netto niet verhoogd. Deze gift is dus waarschijnlijk niet goed opgevangen in de potgrond en is daarmee niet efficiënt geweest. Zo'n smalle piek betekent overigens niet altijd dat de watergift inefficiënt geweest is. Dat hangt van de positie van de sensor af en van de potgrootte. Als de sensor bovenin de pot staat, kan het zijn dat er tijdelijk een hoger niveau gemeten wordt, omdat het water niet snel wegloopt. In kleine potten meet de vochtsensor een groot gedeelte van de potinhoud en zal zo'n piek een inefficiënte gift betekenen. In grotere potten is het waarschijnlijker dat deze piek lokaal in de pot ontstaan is en dat dit water elders in de pot alsnog opgevangen wordt.

In behandeling 4A is vanaf half augustus een leafsen geïnstalleerd om de bladdikte te meten als maat voor evt. vochttekort. Figuur 17 toont het verband tussen het gemeten vochtgehalte in de pot en de waarde van de leafsen. De leafsen toont een basiswaarde van ca. 0,5 en regelmatig pieken naar boven. De verwachting was juist dat dit andersom zou lopen, namelijk een hoog basisniveau en bewegingen naar beneden, omdat de bladdikte gemeten wordt. Volgens de installateur (Broere Beregening) heeft dit waarschijnlijk met een verkeerde aansluiting te maken. Het is opvallend dat de pieken van de leafsen bijna altijd samenvallen met dalingen in het vochtgehalte door sterke verdamping. Dit duidt erop dat de verdamping van het blad op dat moment sterker is dan de sapstroom in de plant en de plant dus watertekort ervaart. Het is daarbij ook opvallend dat er pieken aanwezig zijn op het moment dat de pot voldoende water bevat (21 tot 25 augustus). Ook op die momenten kan de plant blijkbaar waterstress ervaren. Wat deze waterstress voor de plantengroei betekent, is in deze proef niet onderzocht, maar zou wel interessant wezen.



Figuur 17. Verband tussen vochtgehalte en het signaal uit de leafsen in behandeling 4A.

1.4 Conclusie en Discussie

Uit de teeltproef bij PPO met het weegsysteem en vochtsensoren kunnen een aantal conclusies getrokken worden.

Zowel met het weegsysteem als met vochtsensoren was het goed mogelijk om de watergift (half)automatisch te sturen. Wel was het nodig om het systeem regelmatig te controleren en zondig kleine aanpassingen aan de instellingen te doen (bijv. eerder watergeven, meer water per keer geven, extra water geven om voeding in de pot te krijgen, etc). In de behandeling, waarin handmatig de watergift werd bepaald, moest deze beslissing dagelijks worden genomen, terwijl de systemen 1 keer per 1 á 2 weken werden bijgesteld.

In de proef realiseerden het weegsysteem en de vochtsensoren niet een gelijkmatiger vocht- en EC-niveau t.o.v. de handmatig ingestelde watergift. Naar verwachting is dit echter wel mogelijk door de instellingen beter af te stemmen op de situatie (bijv. onderdrempel om water te geven verhogen). In dat geval zal er ook eerder overdag een extra gietbeurt gegeven worden, hetgeen met overheadberegening vaak niet gewenst is.

Zowel het weegsysteem als het systeem met vochtsensoren werd een forse besparing van water en voeding gerealiseerd. Het waterverbruik lag in de proef ruim 30% lager dan in de behandeling, waarin de watergift handmatig op de tijd klok werd ingesteld. Hierbij was er geen wezenlijk verschil tussen de systemen. In de behandeling met gecontroleerd vrijkomende meststof in combinatie met een handmatig ingestelde watergift werd overigens ruim 20% water bespaard, doordat geen voeding (en dus water) gegeven hoefde te worden tijdens regenrijke perioden. De waterbesparing kan waarschijnlijk verder verhoogd worden door de systemen nog beter af te stemmen op de teelt.

Wat betreft voeding werd er met behulp van de sensoren zelfs ruim 40% op de mestgift bespaard. Ook hierbij was er geen verschil tussen de manier van aansturing (weegsysteem of vochtsensor). Een vergelijking met de behandeling met gecontroleerde vrijkomende meststoffen was door de proefopzet niet mogelijk. Wel moet hierbij aangegeven worden dat de besparing op voeding erg afhankelijk is van weersomstandigheden en ook weer de afstemming van de regelsystemen op de teeltsituatie.

Aan het eind van de proef zijn tussen de behandelingen geen grote verschillen gevonden in de behaalde plantkwaliteit. Geen van de behandelingen scoorde op alle punten het beste (lengte, breedte, wortelkwaliteit, gewaskwaliteit, vers- en drooggewicht). Wel was de behandeling met handmatige instelling van de watergift (beh. 2) op de meeste punten wat beter. In de proef zijn de instellingen in de watergeefcomputer bewust niet te vaak gewijzigd om het overzichtelijk te houden. Door de streefwaarden nauwkeurig af te stemmen op de gewenste situatie, kan de plantkwaliteit met dit type systemen naar verwachting geëvenaard worden.

In de proef bleek het sturen op de EC in de pot nog niet mogelijk. Er waren zowel technische beperkingen als een beperking in de software. In de software was er geen ruimte om de watergift op meerdere parameters tegelijk te sturen (het signaal uit de weeggoet of de vochtsensor was leidend). Technisch was het probleem dat de EC in de pot ook afhankelijk is van het vochniveau. Als de pot water verliest door verdamping, loopt de EC op, zonder dat deze gelijk gecorrigeerd moet worden. In natte perioden geldt het omgekeerde. Wellicht is het beter om de EC-waarde een maal per dag vlak voor de watergift te gebruiken, deze te corrigeren voor het vochniveau (bijv. standaardiseren naar een vochniveau van 50 vol-%) en op basis daarvan de mestgift vast te stellen.

Het signaal uit het weegsysteem bleek niet heel stabiel te zijn. Bij snelle temperatuursveranderingen veranderde het weegsignaal, zonder dat het gewicht op het systeem veranderde. Blijkbaar zijn de druksensoren temperatuurgevoelig. Ook is waargenomen dat de potten op het weegsysteem natter bleven dan de potten naast het systeem. Blijkbaar is de drainage van dit prototype minder goed dan van de teeltvloer bij de omringende planten.

Tenslotte is in deze proef ook ervaring opgedaan met de leafsen, een sensor die de bladdikte meet. Deze sensor liet een plantreactie zien bij sterke afnames van het vochtgehalte in de pot. Hiermee zou de waterstress in de plant gemeten kunnen worden. Wellicht kan door het voorkomen van deze waterstress, bijv. door een extra sproeibeurt om de RV te verhogen, de gewasgroei verbeterd worden. Anderszijds kan het gewenst zijn dat de plantengroei deels geremd worden. Met een dergelijke sensor zou dit proces wellicht beter bewaakt kunnen worden. Een alternatief hiervoor kan zijn om de RV te monitoren. Het verdient aanbeveling deze mogelijkheden verder te onderzoeken.

2 Begeleiden automatische vochtvoorziening in de praktijk

2.1 Inleiding

Het proces van overschakelen op automatisch vochtvoorziening vraagt kennis en ervaring en dus tijd. Om dit proces te versnellen zijn enkele telers uit de projectgroep begeleid in het werken met het weegsysteem of met vochtsensoren. Hierdoor konden deze systemen ook onder meerdere omstandigheden getest worden (o.a. wind, verschillende gewassen, potmaten, etc). Op een vijftal bedrijven zijn tijdens de teelt vochtmetingen uitgevoerd, om na te gaan of de systemen op het gewenste vochtgehalte stuurden.

2.2 Begeleiding bedrijven

2.2.1 W.T.M. de Boer

De Boer stuurt met de weeggoot de watergift in een kraanvak met *Euonymus coloratus* in 1,5 liter pot aan. De planten staan op een lava-containerveld met iets afschot. De weeggoot was ongeveer halverwege het bed geplaatst. Hierop stonden ca. 30 potten. De weeggoot werd gekijkt door de meetwaarde bij droge potten te gebruiken als ondergrens en de meetwaarde bij natte potten als bovengrens. De data werden niet opgeslagen, zodat achteraf het verloop niet inzichtelijk was.

Op dit bedrijf is op twee momenten het vochtgehalte gemeten op en rond het weegsysteem, namelijk op 22 juli en 15 augustus. Op 22 juli zijn 10 willekeurige potten op het weegsysteem gemeten met de FD-sensor. Het gemiddelde vochtgehalte hierin was 60 vol-%. Vervolgens is over de hele bedlengte in 30 potten het vochtgehalte gemeten. Deze lag gemiddeld op 59 vol-%, dus dicht bij het gemiddelde op de weegschaal. Wel waren de planten bovenaan het bed gemiddeld een 5 vol-% droger dan onderaan het bed. De gemeten vochtgehalten in deze potten varieerde tussen 50 en 65 vol-%. Al met al was de potgrond op dit meetmoment aan de vochtige kant, maar in de afgelopen dagen had het regelmatig geregend. De EC in de potten was gemiddeld 0,7, zowel in planten op als naast het weegsysteem. Dit is laag⁴, maar werd veroorzaakt worden door de gevallen neerslag in de er voorafgaande dagen.

Op 15 augustus is een tweede serie vochtmetingen uitgevoerd. Het gemiddelde vochtgehalte in 10 potten was 59 vol-%. Naast het weegsysteem was dit gemiddeld 58 vol-% (op basis van 6 potten). De weeggoot gaf dus op beide momenten een goed beeld van de werkelijkheid. De gevonden vochtgehalten waren ook bij deze meting gemiddeld vrij hoog, ook vanwege het nattere weer in de dagen voor de meting. Verder geeft de kweker aan dat hij relatief nat teelt. Omdat de data niet geregistreerd zijn, is niet te achterhalen hoe efficiënt de watergiften zijn geweest. Het weegsysteem functioneerde naar wens en zonder storingen.

2.2.2 Bos & Hoogenboom B.V.

Op dit bedrijf zijn een drietal weeggoten aanwezig en de verwachting is dat er meer weeggoten de komende jaren in gebruik zullen worden genomen. Er is 5 jaar ervaring met druppelbevloeiing en het gebruik van de weeggoot. De ondergrens worden op ervaring en gevoel ingesteld met relatief droge potten. Daarna wordt watergegeven tot men het gevoel heeft dat de bovengrens bereikt is. Dat wordt dan in de computer vastgelegd als bovengrens. Door te variëren met de instellingen krijgen andere kraanvakken een andere hoeveelheid water, maar wel gebaseerd op de weeggoot. Bijvoorbeeld 80% t.o.v. de hoeveelheid in het vak met de weeggoot. Eenmaal per week wordt het vochniveau gecontroleerd en wordt eventueel bijgesteld. De groei van de plant wordt gecorrigeerd door de instelling van de computer regelmatig met kleine stapjes te wijzigen.

⁴ De FD-sensor meet de EC van het bodemvocht; in een potgrond-analyse wordt dit bodemvocht verdund met water (1:1,5). Om de EC van de FD-sensor te vergelijken met een potgrondanalyse, moet deze waarde dus door 2,5 gedeeld worden.

Op 29 augustus zijn metingen verricht in Rhododendron in 7,5 liter pot. De planten op het weegsysteem bleken gemiddeld wat droger te zijn dat de potten naast het weegsysteem (57 vol% t.o.v. 64 vol-%). Het gemiddelde vochtgehalte in de potten was vrij hoog, ondanks dat het een aantal dagen daarvoor droog was.

2.2.3 Kwekerij Gova B.V.

Gova teelt alleen *Laurus nobilis* in verschillende vormen en verschillende potmaten. Hij heeft 3 weeggoten staan in verschillende potmaten:

- 30 cm pot; er staan 6 planten op. (Figuur 18)
- 25 cm pot; deze weeggoot heeft aan 1 zijde een gewichtsensor ipv aan 2 zijden; er hangen 6 planten in.
- 13 cm pot; een roltafel waar gewichtssensoren aan bevestigd zijn. (Figuur 19)

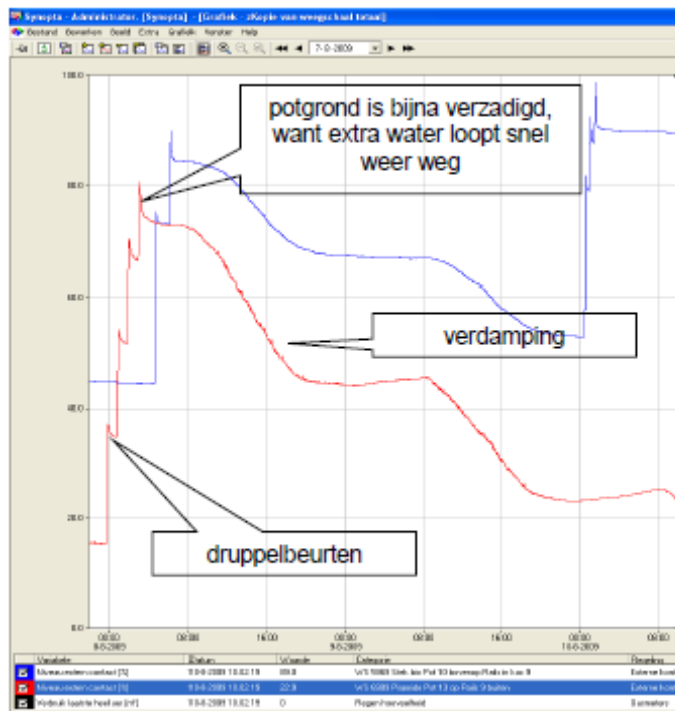
De twee grote maten potten krijgen water m.b.v. een druppelslang. De kleinste maat potten krijgen water via overheadberegening. Met de druppelslang werd meerdere keren per dag watergegeven. Uit de registratie van het weegsysteem werd heel snel duidelijk wat het effect van de watergift was (Figuur 20). Op 15 juli en op 1 september zijn op dit bedrijf metingen gedaan in potten op het weegsysteem en in potten ernaast.



Figuur 18. Opstelling van weeggoot met *Laurus nobilis* in 30 cm potten.



Figuur 19. Opstelling van roltafel met gewichtssensoren.



Figuur 20. Voorbeeld van het verloop van twee weegsignalen op het bedrijf van Gova B.V.

Op 15 juli waren de 30 cm- potten op het weegsysteem gemiddeld iets droger dan de potten ernaast (56 t.o.v. 63 vol-%). Per pot werden drie metingen gedaan. Binnen een pot werd een maximaal verschil gemeten van 14 vol-%. Het verschil tussen het laagst gemeten vochtgehalte en het hoogst gemeten vochtgehalte in de potten op de weegschaal was 24 vol-% (43 en 67 vol-%), dus vrij groot. Ook op 1 september waren de potten op het weegsysteem gemiddeld wat droger dan de potten ernaast. Bij de 25 cm en de 13 cm potten werd op beide meetmomenten geen verschillen gevonden in planten op of naast het weegsysteem. Uit de metingen bleek dat het vochtgehalte binnen een pot (alleen gemeten bij 25 en 30 potten) behoorlijk kan variëren, tot 18 vol-%. Tussen potten was de variatie nog wat groter en is een maximaal verschil van 34 vol-% gemeten in een vergelijking van 6 potten.

Bij de 13 cm potten is er steeds 1 keer per pot gemeten in 10 willekeurige potten. Hierbij bleek dat m.n. de randrijen droger waren. Het verschil tussen de droogste en de natste pot in deze serie lag rond de 20 vol-%. Op dit bedrijf bleken de weeggoten uitstekend te voldoen en kon de watergift aan de hand van het verloop snel geoptimaliseerd worden. M.n. in de grote potten bleek het voordeel van het weegsysteem t.o.v. de vochtsensor dat het weegsysteem een gemiddelde waarde geeft over 6 potten, terwijl de vochtsensor een puntmeting doet in een klein deel van een enkele grote pot.

2.2.4 Andre de Gruyter B.V.

De Gruyter kweekt Pinus in grote potten (7,5 en 15 liter en beperkt groter) en Helleborus in de kas. Evenals in 2007 stond het weegsysteem in een veld met Pinus 'Brepo' in 15 L potten (Figuur 21). De weeggoot werd aanvankelijk gekoppeld aan een watersiloniveau meter en ca. 3 maal daags afgelezen. De weersituatie en de dagelijkse beregeningsbeurten werden hierbij geregistreerd. Later werden de data geregistreerd in een grafiekenprogramma. Op dit bedrijf zijn 15 juli en 1 september de vochtgehalten in de potten op en naast de weeggoot gemeten. Op 15 juli waren de potten op het weegsysteem wat droger dan de potten ernaast. 1 september werd dat verschil niet meer waargenomen. De verschillen in vochtgehalte binnen een pot waren soms behoorlijk groot. Halverwege de pot was het vochtgehalte vaak hoger dan onderin de pot. Dit werd veroorzaakt door het lage vochtgehalte algemeen in de pot (gemiddeld rond 30 vol-%). Het potgrondmengsel is dan zo droog dat het moeilijk meer water opneemt. De planten worden bewust droog gehouden om de groei van de planten te remmen. Ook op dit bedrijf werden weer vrij grote verschillen gevonden in vochtgehalten in en tussen potten. Verschillen van 25 vol-% kwamen voor, waarbij de variatie tussen potten in het algemeen even groot was als binnen potten. Doordat er met het weegsysteem meerdere planten tegelijk gewogen werden, werd een beter gemiddelde verkregen. Dit bedrijf teelt dicht langs de kust (< 4 km), maar het weegsignaal bleek betrouwbaar ondanks de dagelijks wisselende weersomstandigheden.



Figuur 21. Opstelling van weegstelsel met Pinus in 15 liter potten.

2.2.5 Hulst Tuinplanten B.V.

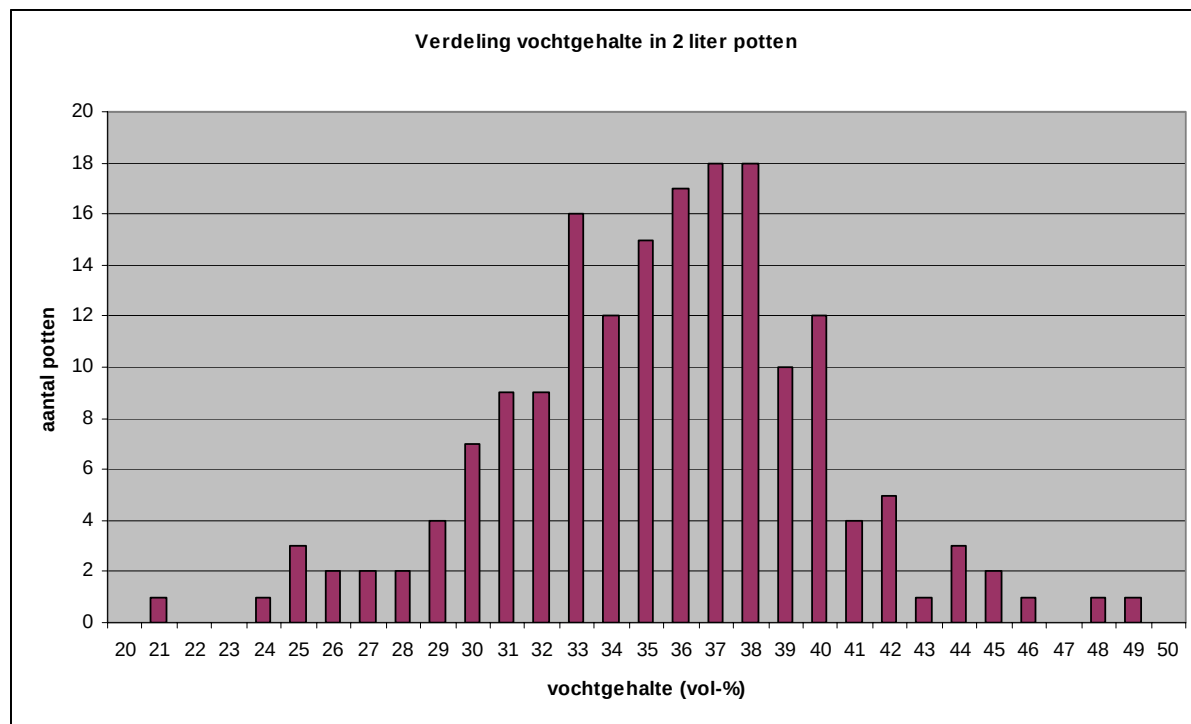
Bij Hulst Tuinplanten B.V. worden coniferen geteeld in 2 liter potten op een lava-vloer. Op dit bedrijf kon tijdens het groeiseizoen geen weegstelsel geplaatst worden. In september is hier een test uitgevoerd met het vochtsensorensysteem Sensiplant (Hoogendoorn Growth Management). Dit is een systeem met Decagon ECH₂O EC-5 vochtsensoren, die de meetgegevens via een module draadloos naar de computer stuurt (Figuur 22). Met behulp van software wordt de data in een grafiek gezet. Dit programma heeft nog geen directe koppeling met de watergeefcomputer, zodat de watergift nog steeds handmatig moet worden ingesteld op basis van de gemeten waarden.



Figuur 22 A. Sensiplant-opstelling met daaraan 1 vochtsensor. B. Draadloze ontvanger (m) van het Sensiplant-systeem.

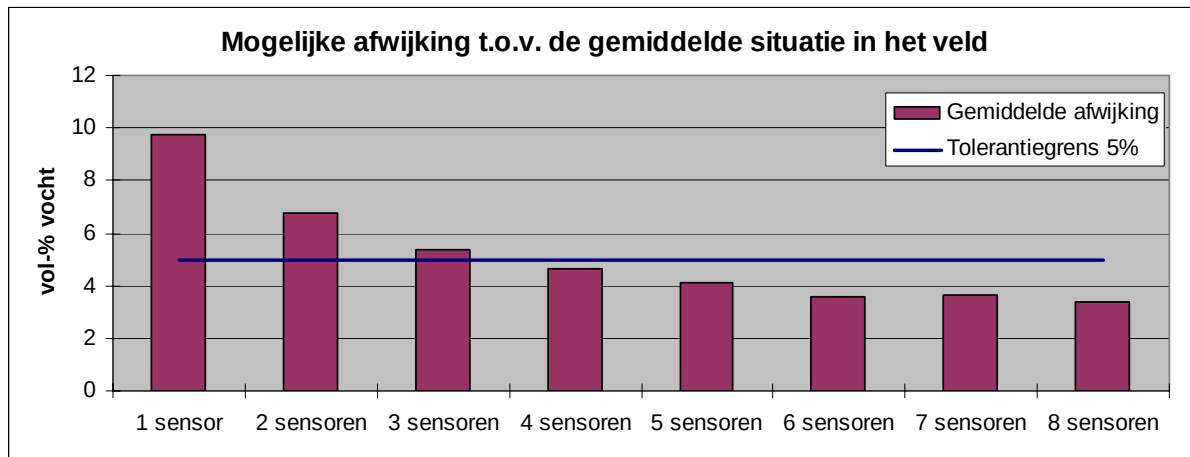
Dit systeem was nog niet eerder onder buitenomstandigheden getest. Voor deze toepassing zijn er waterdichte kasten gemaakt. In een deel van een kraanvak met *Chamaecyparis lawsoniana* 'Stardust' (ca. 200 m²) zijn vijf sensoren geplaatst. Op 22 september is het vochtgehalte tweemaal gemeten met de FD-handmeter, zowel in de vijf potten met de Sensiplant-sensor als bij 16 planten in de omgeving. Hierbij werd op verschillende posities in de pot gemeten. Op 22 september 's morgens waren de potten erg droog (gemiddeld 18 vol-%), waarna overdag meerdere gietbeurten gegeven zijn. Aan het eind van de middag waren de potten in het algemeen goed op niveau (42 vol-%). Gemiddeld werd onderin en boven in de pot hetzelfde vochtgehalte gemeten, waarmee geconcludeerd kan worden dat bij deze potmaat de vochtsensor ook goed van bovenaf in de pot gestoken kan worden. Dit is ook praktischer, omdat er anders een gat in de pot gemaakt moet worden. Wel was er vrij grote variatie in het vochtgehalte per pot. De gemeten waarden in de 16 potten varieerden tussen 29 en 54 vol-% vocht. Een deel van de variatie zal veroorzaakt zijn doordat de planten droog zijn geweest en daardoor niet altijd het toegediende water makkelijk opnemen. De vochtgehalte in de vijf potten met Sensiplant-sensoren was gemiddeld hetzelfde als het gemiddelde vochtgehalte in 16 potten in de nabije omgeving. Daarmee geven deze sensoren dus een goed beeld van de werkelijkheid.

Op 26 september zijn de potten met de Sensiplant-sensoren nogmaals gemeten. Verder is er ook in 170 potten in hetzelfde kraanvak het vochtgehalte gemeten met de FD-handmeter, alleen van bovenaf. Gemiddeld was het vochtgehalte in deze uitgebreide steekproef 35,5 vol%. De gevonden waarden waren verdeeld volgens een Normaal-verdeling (Figuur 23).



Figuur 23. Verdeling van het vochtgehalte (vol-%) in 170 willekeurige 2 liter potten in een kraanvakdeel van 200 m² met *C. laws*. 'Stardust'.

Aan de hand van deze steekproef is het interessant om te berekenen hoeveel vochtsensoren nodig zijn om een goed beeld te krijgen van het vochtgehalte in een partij, want elke vochtsensor kost geld. Hiervoor is een simulatie gedaan met de meetgegevens van de 176 potten. De aanname is gedaan dat het gemiddelde van de vochtsensoren met 95% zekerheid een goed beeld moet geven van de situatie. Figuur 24 geeft de mogelijke afwijking naar boven en naar beneden van de vochtsensoren t.o.v. de situatie in het veld. Deze figuur kan als volgt gelezen worden. In het geval van 1 sensor kan deze toevallig in een drogere of in een nattere pot staan. In het algemeen zal de afwijking niet groter zijn dan 10 % hoger of 10% lager. Wanneer er acht sensoren geplaatst worden, is het gemiddelde van deze sensoren 3,3% hoger of lager dan de werkelijke situatie in het veld. Of er zes of acht vochtsensoren geplaatst zouden worden, de mogelijke afwijking neemt nauwelijks af. Een maximale afwijking van 5% hoger of lager dan de situatie in het veld is naar verwachting een goede richtlijn (horizontale lijn in de grafiek). Daarvoor zijn er 3 á 4 sensoren nodig. Omdat er gewerkt wordt onder buitenomstandigheden zal er altijd variatie in vochtgehalten in de pot blijven (bijv. neerslag, plantgrootte, standplaats, etc.). Kanttekening hierbij is dat deze conclusie gebaseerd is op 176 potten i.p.v. een heel kraanvak. Ook is het gebaseerd op 1 potmaat, 1 gewas en een momentopname. Gezien de vele vochtmetingen op andere deelnemende bedrijven is het wel verantwoord deze conclusie te trekken. Wanneer er sprake is van teelt in grotere potmaten (> 5 liter) zullen er waarschijnlijk wel meer sensoren ingezet moeten worden.



Figuur 24. De mogelijke afwijking van het gemiddelde van 1 tot 8 sensoren t.o.v. de werkelijke situatie in het veld.

2.3 Conclusies en aanbevelingen

In dit project zijn 5 bedrijven begeleid in het automatiseren van de watergift. 4 bedrijven werkten met een weegsysteem en 1 bedrijf deed ervaring op met vochtsensoren.

De weegsystemen functioneerden in diverse modellen en met diverse potmaten op al deze bedrijven goed en zonder storingen. De gewichtsmeting (gemiddelde van meerdere potten) gaf in het algemeen een representatief beeld van het kraanvak. Vooral in grote potten bleek het vochtgehalte binnen een pot sterk te kunnen variëren, waardoor er relatief veel vochtsensoren nodig zullen zijn om een representatief beeld te kunnen krijgen.

Op sommige bedrijven was er een paar keer per dag een handmatige registratie van de gegevens. Dit bleek arbeidsintensief en vroeg een sterke discipline van de kweker. Het verdient daarom sterke voorkeur om de metingen via de software te laten registreren, zodat de data altijd tot in detail inzichtelijk zijn.

Het vochtsensorsysteem Sensiplant functioneerde in principe ook goed, maar de testperiode was kort (1 maand). Uit grootschalige vochtmetingen op dit bedrijf is berekend dat 3 á 4 vochtsensoren samen een betrouwbaar en representatief beeld geven van het vochniveau in het kraanvak. Wanneer in grote potten (> 5 liter) geteeld wordt, zijn er waarschijnlijk meer sensoren nodig en wordt de positie van de sensor (onderin of bovenin de pot) belangrijk.

Zodra kwekers meer ervaring krijgen met deze apparatuur en de waterbehoefte van hun gewassen kennen, is het goed mogelijk om met 1 of enkele systemen meerdere kraanvakken automatisch aan te sturen. Niet elk kraanvak heeft dus een sturingssysteem nodig.

3 Evaluatie van het weegsysteem en de vochtsensor

In dit hoofdstuk wordt het weegsysteem en de vochtsensoren geëvalueerd op hun werking. De systemen zullen op de volgende punten worden beoordeeld:

- o Nauwkeurigheid van de meting: De meting moet voldoende nauwkeurig zijn, zodat het een representatieve meting is gedurende de gehele teeltcyclus.
- o Betrouwbaarheid van de systemen: De apparatuur moet betrouwbaar en storingsvrij zijn. Het betreft één van de belangrijkste sturende elementen van een watergeefstelsel.
- o Toepasbaarheid van de systemen: De apparatuur moet universeel toepasbaar zijn voor alle buitenteelten in pot of tray. Elementen die hierbij een rol spelen zijn: type pot, potgrootte, hoogte en omvang van de plant en type teeltvloer. Het systeem moet toepasbaar zijn voor de verschillende geautomatiseerde watergeefsystemen van verschillende fabrikanten.

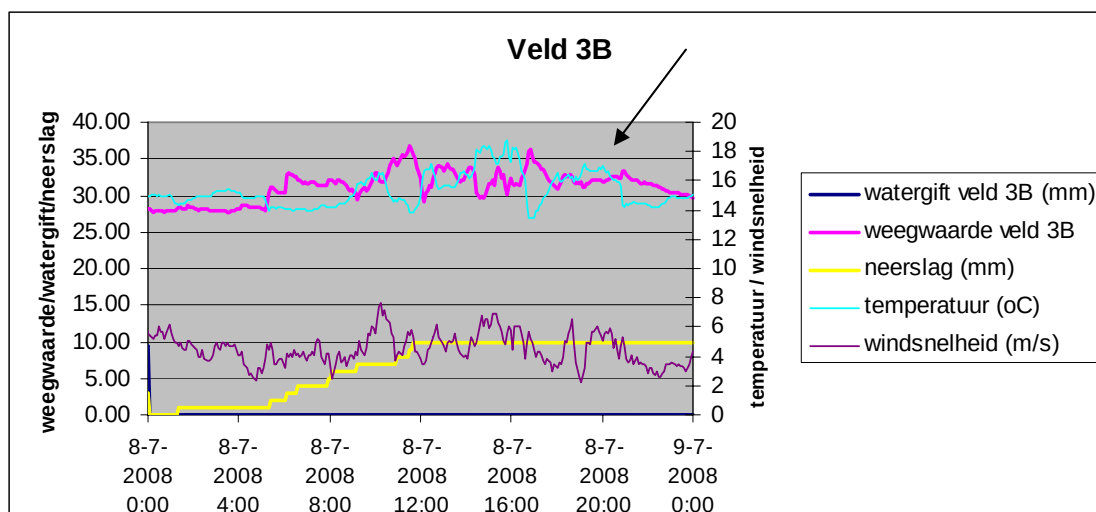
3.1 Nauwkeurigheid van de meting

Bij nauwkeurigheid van de meting spelen verschillende aspecten een rol. De meting moet een zo goed mogelijk beeld geven van de situatie. Daarom moet het signaal stabiel zijn, namelijk dat bij gelijke omstandigheden het signaal niet te veel verandert. Verder moet de meting representatief zijn voor de hele pot (geldt alleen voor vochtsensor), voor het kraanvak en het liefst ook voor de kwekerij, ondanks dat er meestal grote verschillen zijn in gewas, potmaat en klimaat.

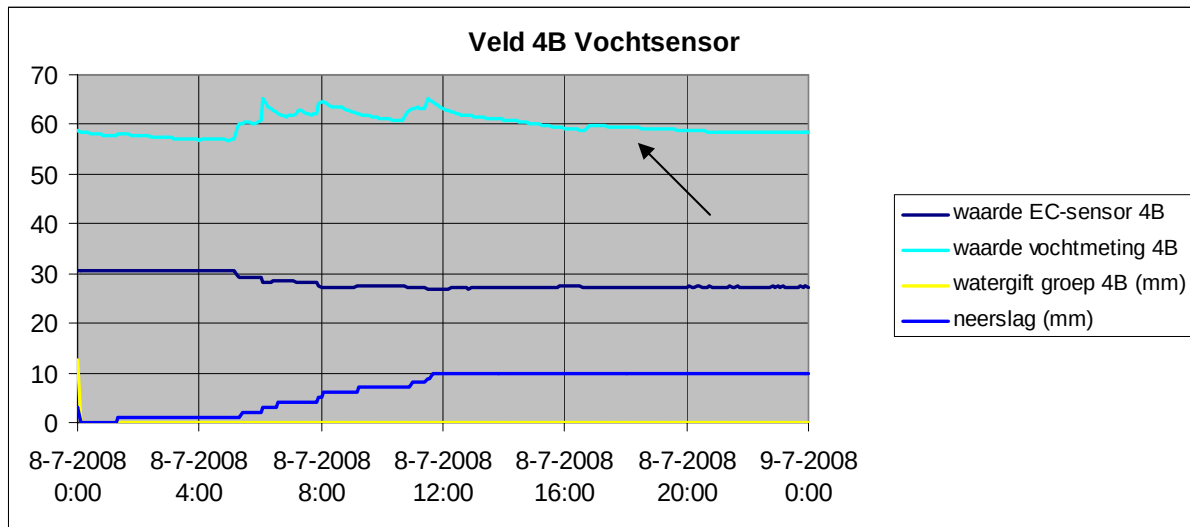
Zowel de vochtsensoren als het weegsysteem blijken in de proeven voldoende nauwkeurig te zijn. Beide systemen reageren snel op veranderingen in het vochtgehalte en geven een veel beter inzicht in de watergift. Wel is het lastig om de meetwaarden te vertalen naar werkelijke vochtgehalten of EC-waarden. De systemen kunnen dus vooral binnen bandbreedtes opereren.

Stabiliteit van het meetsignaal

Uit de proef bij PPO viel op dat het signaal van het weegsysteem minder stabiel is dan het signaal van de vochtsensor. Het weegsysteem reageerde namelijk ook op temperatuursveranderingen. Dit heeft te maken met het type druksensoren. Op deelnemende bedrijven met het weegsysteem is dit effect namelijk niet waargenomen. Het effect in de PPO-proef is te zien op een willekeurige dag, namelijk 8 juli. Na 12.00 uur viel er geen neerslag meer en is er ook geen water gegeven. Het weegsignaal (roze lijn in Figuur 25) fluctueert de rest van deze dag meer dan het signaal uit de vochtsensor (roze lijn in Figuur 26). Ook het EC-signaal uit de vochtsensor is stabiel (Figuur 26).



Figuur 25. Verloop van het weegsignaal in relatie tot watergift, neerslag, temperatuur en windsnelheid in Veld 3B op 8 juli 2008.



Figuur 26. Verloop van het vocht- en EC-signaal uit de vochtsensor in relatie tot de watergift en neerslag.

Representativiteit binnen een pot

Representativiteit binnen een pot speelt alleen bij vochtsensoren, omdat een weegstelsel meerder potten tegelijk weegt. Vochtsensoren meten een volume van ca. 0,4 liter, wat bij grotere potten dus maar een klein deel is van het totaal. Uit de vele metingen is gebleken dat vochtgehalten binnen een pot sterk kunnen variëren, waarbij geldt dat de variatie toeneemt bij grotere potmaten en bij lagere gemiddelde vochtgehalten. Bij hoge vochtgehalten gaat de pot de overmaat aan water draineren, waardoor de verschillen tussen locaties kleiner wordt. Waarden van zeer droog tot vochtig kunnen binnen potten voorkomen. Dit is o.a. gezien bij deelnemende bedrijven in 10 liter potten van Pinus en Laurus. Daarom geeft een weegstelsel bij potmaten vanaf 5 liter een beter gemiddeld beeld van het vochtgehalte dan een vochtsensor. Meerdere vochtsensoren plaatsen voor een beter gemiddeld beeld is natuurlijk ook mogelijk, maar is kostprijsstechnisch minder interessant.

Representativiteit binnen een kraanvak

Uit de vochtmetingen is ook gebleken dat er grote variatie kan zijn in vochtgehalten tussen potten. Ook daarbij geldt dat de variatie toeneemt bij grotere potmaten en bij lagere gemiddelde vochtgehalten. Om een representatief beeld te krijgen, dient het weegstelsel of de vochtsensor op een plaats gezet te worden, die een goede afspiegeling is van het gemiddelde. Dit is dus niet aan de rand van een bed; ook de positie ten opzicht van de sproeier en is belangrijk. Tenslotte kan de sensor het beste in pot gestoken worden van een plant met een gemiddelde grootte.

Bij het weegstelsel in de PPO-proef is waargenomen dat de planten op het stelsel structureel natter bleven dan de planten ernaast. Dit heeft wellicht met de samenstelling van het weegplateau (lava-verdeling en korrelgrootte). Overigens had dit geen effect op de opbrengst in deze proef, dus was de weeggoot voldoende vergelijkbaar met de planten eromheen. Op de deelnemende bedrijven is dit effect ook niet waargenomen.

Met vochtsensoren wordt de representativiteit verbeterd door meer dan 1 sensor in te zetten. Uit grootschalige vochtmetingen bij een deelnemend bedrijf binnen één kraanvak is gebleken dat 3 à 4 sensoren samen een goed beeld van het gemiddelde geven.

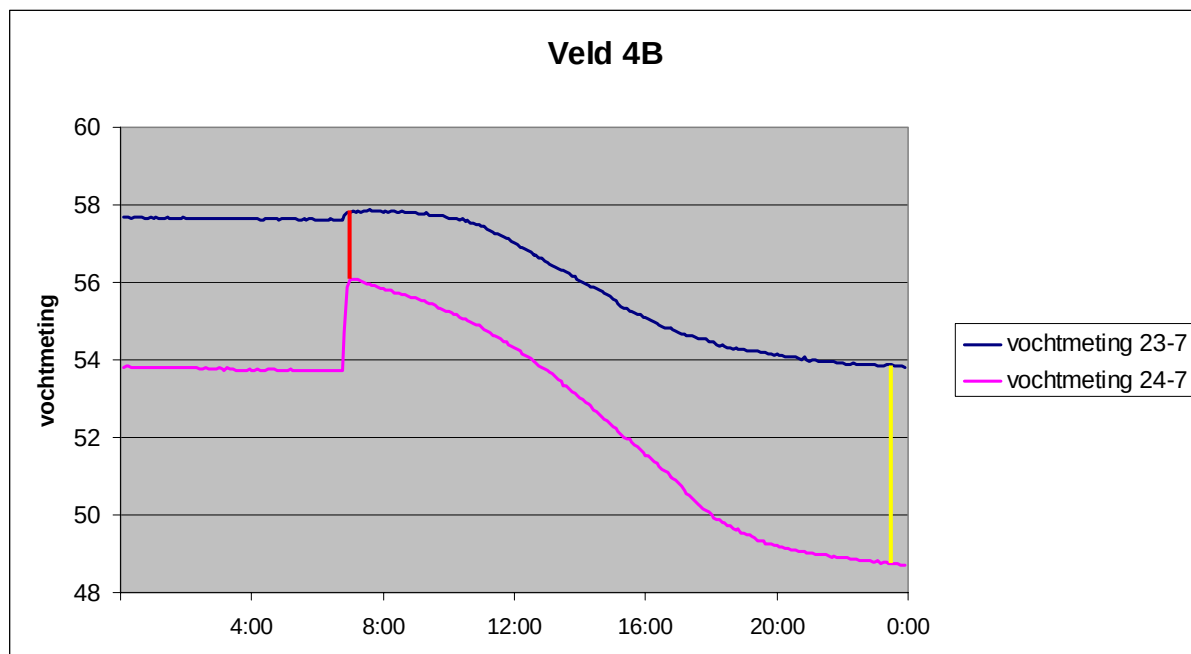
Met beide systemen blijft een regelmatige controle nodig van het meetsysteem t.o.v. de werkelijkheid, bijvoorbeeld 1 x per week. Dit is dan al een verbetering t.o.v. de dagelijkse praktijk waarin dagelijks bekeken moet worden wat de watergift moet zijn.

Voor een optimale watergift is het uiteraard verstandig om gewassen met een gelijke waterbehoefte bij elkaar in een kraanvak te zetten.

Representativiteit voor de kwekerij

Vertaling van de meetwaarden uit een kraanvak naar andere kraanvakken in de kwekerij is mogelijk. Dit is interessant omdat dan niet in alle kraanvakken op de kwekerij dergelijke apparatuur geïnstalleerd hoeft te worden. Hierbij is dan kennis van de waterbehoefte van de verschillende gewassen/teelten essentieel. Het

weegsysteem en de vochtsensor leveren informatie over hoe snel het vochtgehalte in de pot afneemt onder bepaalde weersomstandigheden. Een voorbeeld hiervan is te zien in Figuur 27. Hierin staat het verloop van het vochtgehalte op 23 en 24 juli 2008 in veld 4B. Het vochtgehalte op 24 juli is sterker gedaald dan op 23 juli (verschil in rode en gele lijn). Op 24 juli was het wat warmer en er stond meer wind, waardoor het gewas meer verdampte, dus de vochtvoorraad sneller afnam. Een dergelijk plaatje kan ook gezien worden bij twee verschillende gewassen op 1 dag.



Figuur 27. Verloop van het vocht-signaal uit de vochtsensor op 23 en 24 juli in veld 4B.

De deelnemende bedrijven hebben de ervaring dat niet in elk kraanvak op de kwekerij een weegsysteem of vochtsensoren geplaatst hoeven te worden. Als de verhouding in verdamping tussen verschillende kraanvakken duidelijk is, kan dat in de watergeefcomputer gekoppeld worden door een minder waterbehoefstig gewas consequent bijv. 70 % te geven van de gift aan een meer waterbehoefstig gewas. De gewasfactoren die in eerder verdampingsonderzoek zijn ontwikkeld, kunnen hierbij een goede eerste indicatie geven (Aendekerk, 1999)⁵. Uiteraard blijft ook hierbij een regelmatige controle nodig (bijv. 1 keer per week) of de verschillende kraanvakken de juiste watergift krijgen.

3.2 Betrouwbaarheid van de systemen

Zowel het weegsysteem als de vochtsensoren heeft in de PPO-proef goed gefunctioneerd. De sensoren hebben gedurende het hele jaar geen storing gegeven, ook niet bij de deelnemende bedrijven. Wel is het zo dat de watergeefapparatuur wel eens geweigerd heeft vanwege blikseminslag. Ook zijn er enkele periodes geweest dat de apparatuur wel functioneerde, maar dat de data niet in de computer werd opgeslagen. Dit is echter niet te herleiden tot het gebruik van het weegsysteem of vochtsensoren. De bedrijfszekerheid is dus goed.

3.3 Toepasbaarheid van de systemen

Een brede toepasbaarheid van de systemen is gunstig voor een snelle implementatie hiervan in de sector. Uit het project is gebleken dat het weegsysteem en vochtsensoren elk hun voor- en nadelen ten opzichte van elkaar hebben. Afhankelijk van de situatie op het bedrijf kan een kweker besluiten welk systeem het beste bij zijn bedrijf past.

⁵ Aendekerk, Th.G.L.. Automatische watergift in een stroomversnelling. De Boomkwekerij 23/24, 1999.

Weegsysteem

Voordelen

- + Goed gemiddelde over meerdere planten;
- + Ook geschikt voor grote potten (> 5 liter);
- + Draadloze systemen komen beschikbaar; makkelijker te verplaatsen.

Nadelen

- Meetwaarde moet vertaald worden naar een vochniveau in de pot. Dit moet per teelt geijkt worden. Tussendoor is correctie nodig voor de groei;
- Neerslag geeft tijdelijk extra gewicht in bovengronds gewas en heeft dus invloed op het meetsignaal;
- Drainage van weegoot-ondergrond moet aangepast worden aan die van de teeltvloer;
- Resultaten met vorige jaren zijn minder goed vergelijkbaar zodra de situatie verandert (bijv. andere potmaat of ander gewas);
- Lastiger in logistiek bij het volzetten en leeghalen van het containerveld;
- In PPO-proef gaf de weegoot een minder stabiel signaal door invloed van de temperatuur;

Vochtsensoren

Voordelen

- + Directer inzicht in gewenste waarde (vocht, evt EC en temperatuur);
- + Onafhankelijk van het type teeltvloer te gebruiken;
- + Stabiel meetsignaal;
- + Draadloze systemen beschikbaar; makkelijker te verplaatsen.

Nadelen

- Meerdere sensoren per kraanvak nodig;
- Correctie van EC nog niet programmeerbaar;
- Minder geschikt voor grote potten (ca. > 5 liter) door puntsgewijze meting;

Zowel het weegsysteem als vochtsensoren kunnen op nagenoeg alle beschikbare watergeefapparatuur ingezet worden; wel zijn er voldoende ingangen op de computer vereist om de data te kunnen laten binnenkomen.

4 Eindconclusies

Zowel een weegsysteem als vochtsensoren blijken een betrouwbaar hulpmiddel om de watergift in de pot- en containerteelt te sturen. Van beide systemen zijn enkele voor- en nadelen naar voren gekomen. Daaruit volgt dat een weegsysteem met name interessant is bij teelt in grotere potten (> 5 liter), omdat het vochtgehalte in grote potten (> 5 liter) binnen een pot sterk kan variëren. Door enkele grote potten tegelijk te wegen, ontstaat er een goed gemiddelde. Vochtsensoren zijn het beste toepasbaar in kleinere potmaten (< 5 liter). Vochtsensoren kunnen daarnaast, afhankelijk van het type, ook de pottemperatuur en de EC meten in de pot.

In de teeltproef bij PPO werd water en oplosbare mest via de regenleiding gegeven. In de proef is, vergeleken met het handmatig instellen van de watergift, een forse besparing op de water- en mestgift gerealiseerd, door gebruik te maken van de hulpmiddelen als een weegsysteem of vochtsensoren. Het waterverbruik lag ruim 30% lager en op mestgift werd zelfs ruim 40% bespaard. Daarbij was er geen wezenlijk verschil tussen beide systemen en bleef de eindkwaliteit van de planten gelijk. De mate van besparing is sterk afhankelijk van de instellingen op de watergeef computer (vanaf welke ondergrens wordt watergegeven) en de weersomstandigheden.

Technisch bleek het nog niet uitvoerbaar om ook de EC in de pot te sturen. Het probleem is namelijk dat de EC ook afhankelijk is van het vochniveau in de pot; daarvoor zou eerst gecorrigeerd moeten worden. Daarnaast was er in de software geen ruimte om de watergift op meerdere parameters tegelijk te sturen (het signaal uit het weegsysteem of de vochtsensoren was leidend). Hierdoor moest de watergift handmatig gecorrigeerd worden om voldoende voeding in de pot te krijgen.

Uit deze proef is ook gebleken dat het vocht- en EC-niveau in de potten niet gelijkmatiger bleef t.o.v. de handmatig ingestelde watergift. Door de instellingen beter aan te passen op de situatie kan dit naar verwachting wel gerealiseerd worden.

Tijdens de begeleiding van bedrijven met dit type systemen is naar voren gekomen dat het automatisch registreren van de data veel meer informatie oplevert dan enkele keren per dag de meetwaarden handmatig vastleggen. Door de continue registratie ontstaat inzicht in de efficiëntie van de watergift en de behoefte van het gewas onder verschillende weersomstandigheden.

Met gegevens uit een uitgebreide vochtmeting in een kraanvak is berekend dat 3 à 4 vochtsensoren een goede inschatting geven van het gemiddelde vochtgehalte in het kraanvak. Verder is gebleken dat niet elk kraanvak op de kwekerij een eigen meetsysteem nodig heeft. Een kweker kan met kennis over de verhouding in waterbehoefte van zijn gewassen de watergift in deze kraanvakken koppelen aan de watergift in het vak met het meetsysteem.

Bijlage 1. Resultaten potgrondbemonstering

Potgrondmonsters: 1:1,5 volume extract																			
Beh	tijdstip	EC	pH	NH ₄	K	Na	Ca	Mg	NO ₃	Cl	SO ₄	HCO ₃	P	Si	Fe	Mn	Zn	B	Mo
1	25-jun	0,7	4,9	0,7	1,3	0,6	1,0	0,9	3,3	0,4	0,9	< 0,1	0,48	0,02	13	5,0	4,4	24	1,5
1	30-jul	0,7	4,5	0,4	1,7	1,2	1,2	0,8	3,4	0,4	0,9	< 0,1	0,50	0,02	7,1	2,6	1,2	15	0,5
1	8-sep	0,5	4,4	0,2	0,7	0,8	0,4	0,6	0,8	1,0	1,0	0,2	0,40	0,01	0,2	0,1	0,1	1,0	< 0,1
2	25-jun	0,4	4,9	0,1	0,6	0,5	0,5	0,4	1,0	0,5	0,5	< 0,1	0,19	0,02	7,0	3,2	2,4	16	0,7
2	30-jul	0,6	5,0	0,3	0,8	1,3	0,6	0,6	1,7	0,6	0,8	< 0,1	0,28	0,02	4,3	0,9	0,6	6,1	0,3
2	8-sep	0,6	4,8	0,2	1,4	0,6	0,8	0,9	1,1	0,3	1,7	< 0,1	0,76	0,03	4,7	2,4	1,1	6,3	0,7
3A	25-jun	0,6	4,9	0,8	1,0	0,7	0,8	0,7	2,4	0,5	0,9	< 0,1	0,42	0,03	4,9	2,7	2,0	9,8	0,7
3A	30-jul	0,9	4,8	1,3	1,3	1,3	1,0	0,9	2,8	0,4	1,7	< 0,1	0,76	0,02	6,7	2,5	2,2	21	1,2
3A	8-sep	0,5	4,7	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1	0,9	0,4	0,1	< 0,1	0,04	0,01	0,2	0,1	0,1	1,0	< 0,1
3B	25-jun	0,7	4,9	1,7	1,4	0,6	1,0	0,9	3,4	0,4	1,3	< 0,1	0,72	0,02	7,5	2,7	2,5	14	0,6
3B	30-jul	0,7	4,7	0,6	0,7	1,3	0,7	0,6	1,7	0,3	1,1	< 0,1	0,50	0,02	4,8	1,6	1,2	12	0,5
3B	8-sep	0,4	4,9	0,2	0,4	0,4	0,1	0,4	0,8	0,3	0,6	< 0,1	0,28	0,01	2,6	0,6	0,4	5,0	0,2
4A	25-jun	0,7	4,9	1,7	1,5	0,6	0,9	0,8	3,1	0,4	1,4	< 0,1	0,78	0,02	5,3	2,9	1,8	11	0,9
4A	30-jul	0,6	4,7	0,4	0,5	1,0	0,6	0,5	1,7	0,3	0,9	< 0,1	0,34	0,02	5,6	1,2	0,9	6,2	0,3
4A	8-sep	1,0	4,8	2,3	1,6	0,8	0,7	1,1	3,1	0,4	2,1	< 0,1	1,06	0,02	9,7	2,5	3,4	13	1,2
4B	25-jun	1,0	5,2	2,7	1,9	0,7	1,3	1,0	4,3	0,3	1,8	< 0,1	1,04	0,04	15	3,4	3,8	18	0,8
4B	30-jul	0,5	4,8	0,3	0,6	0,6	0,6	0,5	1,6	0,2	0,7	< 0,1	0,31	0,01	5,1	1,2	2,1	15	0,5
4B	8-sep	1,0	4,9	1,7	1,7	0,6	0,9	1,1	2,8	0,3	2,1	< 0,1	1,00	0,02	7,1	2,3	2,4	21	0,7
Watermonster																			
mmol per liter																			
type	tijdstip	EC	pH	NH ₄	K	Na	Ca	Mg	NO ₃	Cl	S	HCO ₃	P	Si	Fe	Mn	Zn	B	Mo
bassin	25-jun	0,5	7,3	< 0,1	0,3	1,0	1,6	0,4	< 0,1	0,8	0,5	2,1	0,04	0,06	0,9	< 0,1	0,2	4,7	< 0,1
bassin	30-jul	0,5	7,0	< 0,1	0,3	0,6	1,0	0,3	0,5	0,6	0,4	1,3	0,04	0,07	0,8	0,1	0,5	6,8	0,1
bassin	8-sep	0,6	7,3	< 0,1	0,4	0,8	0,9	0,3	0,4	0,6	0,5	1,6	0,06	0,07	1,4	0,4	0,4	6,0	0,1