Titel Verslag Klimaatcel Proef 3

Subtitel De invloed van de waterkwaliteit op de groei van Phalaenopsis.

Auteur(s) R.Kaarsemaker, A. Bardak

Rapport nr. S20220001- 5

CONTROL IN FOOD & FLOWERS

Stichting Control in Food & Flowers
Distributieweg 1
2645 EG Delfgauw
T: +31(0) 15-2858124
E: info@scff.nl
KvK: 61916471

Auteur(s):
Projectnummer: S20220001
Datum: 14 november 2025
Titel Rapport: Verslag Klimaatcel Proef, de invloed van de waterkwaliteit op de groei van tomatenplanten.
Opdrachtgever: Glastuinbouw Nederland
Contactpersoon opdrachtgever: Margreet Schoenmakers
Kernwoorden: Waterkwaliteit, opkweek, Phalaenopsis, microbiologie, gietwater

Deze activiteit is mede gefinancierd met PPS-financiering uit de Toeslag voor Topconsortia voor Kennis en Innovatie (TKI's) van het Ministerie van Economische Zaken en Klimaat en de resultaten zijn openbaar.
De Stichting Control in Food & Flowers aanvaardt geen aansprakelijkheid voor eventuele schade voortvloeiend uit het gebruik van de resultaten van dit onderzoek of de toepassing van de adviezen.

Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd en/of openbaar gemaakt worden door middel van druk, fotokopie, microfilm, elektronisch of op geluidsband of op welke andere wijze ook en evenmin in een retrieval systeem worden opgeslagen zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van de opdrachtgever.

Samenwerkingspartners

Inhoud pagina

Samenvatting 5
1 Introductie 6
2 Proefopzet 6
2.1 Waterkwaliteit 6
2.2 Plantmateriaal 7
2.3 Frequentie van voedingsaanmaak en watergift 7
2.4 Klimaatinstellingen 8
3 Meetplan 9
3.1 Metingen gietwater 9
3.1.1 Continu meting gietwater 9
3.1.2 Handmatige metingen 9
3.1.3 Voedingssamenstelling 9
3.1.4 Kiemgetal bacteriën, NGS en ATP. 10
3.2 Metingen substraat 10
3.3 Metingen Plantrespons 10
3.3.1 Electropotentiaal 10
3.3.2 Fotosynthese efficiëntie 10
3.3.3 Stengel en bladdikte 11
3.4 Plantgewichten 12
4 Klimaatgegevens 13
4.1 Klimaat 13
5 Resultaten 14
5.1 Pot en plantgewicht gedurende de proef 14
5.2 Zuurstofgehalte in de pot 14
5.3 Zuurstofverzadiging in relatie tot het potgewicht 15
5.4 Zuurstofgehalte en zuurstofverbruik gietwater 16
5.5 Metingen ATP en bacteriekiemgetal 19
5.6 Vergelijking metingen ATP en bacteriekiemgetal met het zuurstofverbruik 20
5.7 Plantgewichten 22
5.8 Plantgewicht in relatie tot de praktijk 23
5.9 Data analyse 25
5.9.1 Variatie fotosynthese efficiëntie gedurende de dag 25
5.9.2 Bepalende factoren regressie analyse 27
5.9.2.1 Fasen gedurende de dag 27
5.9.2.2 Het effect van de cumulatieve lichtsom 28
5.9.2.3 Verloop van de fotosynthese gedurende de proef 28
5.9.2.4 Zuurstofgehalte in de pot 28
5.9.2.5 De tijd na watergift in dagen 30
5.9.2.6 Effect van de behandeling op het plantgewicht 31
5.9.2.7 Totaal effect van alle factoren 32
6 Conclusies 33
Bijlage 1 Samenstelling drain en druppelwater 34
Bijlage 2: Waargenomen en voorspelde nominale efficientie 100 µmol(%) 36
Bijlage 3: Vragen microbiologie 40

Samenvatting

In een proef met de opkweek van Phalaenopsis in de klimaatcel van Normec Groen Agro Control is onderzocht wat de invloed van de waterkwaliteit is op de groei van Phalaenopsis.
Tweewekelijks is er ontsmet drainwater opgehaald bij een Phalaenopsis bedrijf. Dit water is geanalyseerd op hoofd en spoorelementen en vervolgens aangevuld met 10% oud water (uit de voedingsbak) en 27% regenwater en voedingselementen. Dit water is gebruikt voor de onbeluchte (B) en met Agrona nanobubbles beluchte (C) behandelingen en vergeleken met een behandeling met 90% regenwater, 10% oud water (uit de voedingsbak) aangevuld met de benodigde voedingselementen.
Het zuurstofverbruik van het gietwater was licht gecorreleerd met bacteriekiemgetal van het gietwater. Beluchting met Agrona nanobubbles verhoogde het zuurstofgehalte tot ongeveer 2 maal de maximale verzading van water van 8.5 mg/l. Het zuurstofgehalte van beide onbeluchte behandelingen was gemiddeld 1.5 mg/l.
Het zuurstof verbruik in onbelucht water varieerde behoorlijk. Het gemiddelde zuurstofverbruik in regenwater met voeding was 0.95 mg/l/uur, die van ontsmet drainwater met regenwater en voeding was een fractie hoger, 1.07 mg/l uur.
Het zuurstofverbruik van met Agrona belucht ontsmet drainwater met regenwater en voeding was aanzienlijk lager, 0.37 mg/l/uur.
Beluchting van water met Agrona nanobubbles zorgde voor een significant lager droge stof gehalte van bladeren en wortels. Het drooggewicht was vergelijkbaar met de andere behandeling het versgewicht hoger dan de onbeluchte behandelingen maar dit was niet significant. De plantgewichten van beide onbeluchte behandelingen verschilden niet van elkaar.
In de data-analyse is geen rechtstreeks verband aangetoond tussen het zuurstofverbruik van het gietwater. Wel bleek de afname van het zuurstofgehalte bij hoge potgewichten samen te hangen met afname met de nominale fotosynthese efficiëntie van 100 µmol. Hierbij is de gerealiseerde fotosynthese efficiëntie op basis van het gemeten lichtniveau bij de sensor geïnter/extrapoleerd naar een fotosynthese efficiëntie bij 100 µmol.
De fotosynthese efficiëntie wordt sterk beïnvloed door de fase in de lichtperiode. Phalaenopsis is en CAM-plant is, wat betekent dat blad ’s nachts CO_2 opneemt en in de vorm van malaat (appelzuur) opslaat. Overdag komt het CO_2 vrij en wordt het met licht verwerkt tot suikers. Als de malaat in de plant op is neemt de fotosynthese efficiëntie af. Door dit effect mee te nemen in de regressie analyse zijn significante relaties aangetoond tussen de nominale fotosynthese efficiëntie met de gietstrategie en het zuurstofgehalte in de potten.
Het zuurstofgehalte in de potten nam af als het potgewicht zonder plant toenam tot waarden boven ca. 330 gram. Ten gevolge van de afgenomen zuurstofconcentratie nam het totale rendement van de fotosynthese met 6% af.
Vanaf het moment van watergeven neemt de fotosynthese in de periode van 4 uur voor de nacht tot 1 uur na het begin van de dag geleidelijk af. Dit heeft te maken met het feit dat de huidmondjes in die periode geopend zijn voor opname van CO_2. Waarschijnlijk zijn de huidmondjes minder ver geopend naarmate er langer geleden water is gegeven zodat er minder CO_2 opgenomen kan worden. Wellicht is het gunstig om in die periode een hogere relatieve luchtvochtigheid te realiseren.

1 Introductie

Om de relatie tussen de kwaliteit van gietwater vast te stellen zijn experimenten uitgevoerd in een klimaatcel. Bij dit experiment zijn gedurende 11 weken phalaelnopsis gekweekt in een eb/vloed systeem waar bij drie verschillende water samenstellingen gebruikt zijn. Daarbij is de waterkwaliteit en de gewasprestatie met sensoren gemonitord om zo het effect van de waterkwaliteit op de plantprestatie vast te stellen. De resultaten kunnen gebruikt worden om grenswaarden van de waterkwaliteit vast te stellen.

2 Proefopzet

2.1 Waterkwaliteit

Er zijn drie verschillende waterkwaliteiten getest, zie Tabel 1. De concentraties hoofd en spoorelementen zijn gelijk gehouden aan de referentie samenstelling.

Tabel 1: Mengsels en beluchting van de behandelingen.

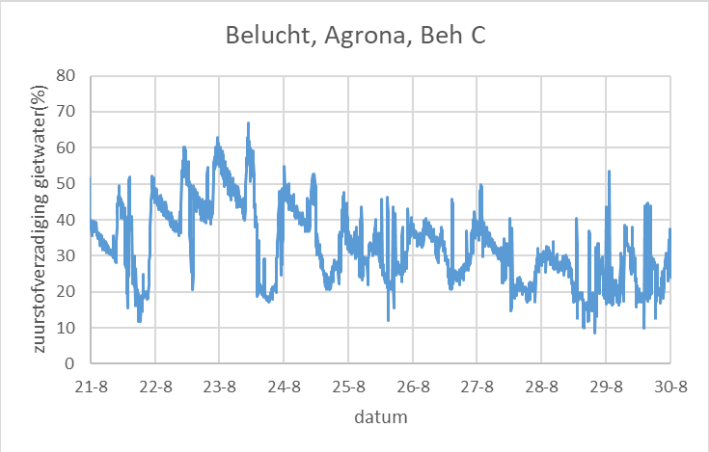
Behandeling	Mengsel	Beluchting
A (referentie)	Bassinwater + voeding	Geen
B	10% oud water + 63% ontsmet water + 27% bassinwater + voeding	Geen
C	10% oud water + 63% ontsmet water + 27% bassinwater + voeding	Agrona

Het bassinwater is regenwater afkomstig uit het bassin van SCFF. Het ontsmet water is recirculatiewater afkomstig van een Phalaenopsis teelt bedrijf wat direct na de hogedruk UV-ontsmetter is afgetapt. Het Agrona systeem belucht het water doormiddel van nanobubbels. Bij de start van de proef is voor behandelingen B en C 10% water gebruikt uit de schoon drain silo van een Phalaenopsis bedrijf als “oud water”. De volgende keren is hiervoor 10% van de voorgaand bakvulling gebruikt. Dus wanneer er een nieuw mengsel is aangemaakt is 10% van het oude mengsel gebruikt. Dit is dan aangevuld met 63% ontsmet recirculatiewater en 27% regenwater + voeding.
De voedingsoplossingen met ontsmet drainwater zijn niet belucht (B) of belucht met nanobubbels (50 µm) van Agrona (C)).
Het idee hierachter is dat het water geïnoculeerd is met de microbiologische populatie, aanwezig in de schoon drain silo van een Phalaenopsis bedrijf. Direct na ontsmetten van het drainwater bevat het ontsmette drainwater nauwelijks of geen bacteriën maar tijdens de opslag van het schone drainwater ontwikkelt de microbiologie zich in de schoon drain silo (rapport S20220001-1). Vervolgens is nagegaan of de microbiologische populatie in de verschillende behandelingen, onder invloed van de waterbehandeling, gedurende de verschillende bakvullingen verandert.
Het water van de behandelingen is opgeslagen in waterbakken. Deze verschilden in volume per behandeling:

400L (behandeling A)
500L (behandeling B)
1000L (behandeling C)

In elke bak is er een verwarmingselement geplaatst die het water op 20 graden houdt.

Het volume van de bak C was groter dan de andere behandelingen omdat dat nodig was voor het goed functioneren van de Nanobubbles installatie van Agrona. Omdat de zuurstof generator een grotere capaciteit had dan nodig, werd de generator ieder etmaal 3 maal aangezet gedurende een kwartier. Hierdoor nam na beluchten het zuurstofgehalte toe om vervolgens langzaam te zakken, maar het zuurstofgehalte was 1.5 tot 3 maal hoger dan de maximale verzadiging (Figuur 1).



Figuur 1
De zuurstofverzadiging in de voedingsbak die met Agrona nano bubbles werd belucht (%) van 21 tot en met 30 augustus. Zonder beluchting is de maximale zuurstofverzadiging 21%.

De samenstelling van het ontsmette water en de schoon drain silo (alleen de 1e bakvulling) is voor aanmaak van elk mengsel bepaald door analyse van nutriënten door NGAC. Vervolgens zijn benodigde meststoffen toegevoegd om te komen tot de gewenste samenstelling. Er is getracht om zo veel mogelijk ontsmet drainwater te gebruiken, dit is gemiddeld 63%. Iedere 14 dagen is nieuwe voeding aangemaakt.

2.2 Plantmateriaal

De proef is gestart met 108 Phalaenopsis planten per behandeling van het ras London. De 108 planten zijn verdeeld over twee karren zodat elke behandeling in tweevoud is uitgevoerd. De karren zijn gelabeld per behandeling en hadden elk 54 planten. De totale proef bestond uit 324 planten.

2.3 Frequentie van voedingsaanmaak en watergift

De plantsensoren zijn na de aankomst van de planten geïnstalleerd.
De frequentie van de watergift is in overleg met de BCO vastgesteld. Per kar zijn dagelijks 5 dezelfde planten gewogen om de vochtigheid te monitoren. In de eerste periode van 6 augustus tot 11 september is er eenmaal per week op vrijdag gegoten. Eind augustus bleek dat de randplanten meer water verbruikten dan de overige planten. De randplanten hebben toen een extra gietbeurt gekregen en er is folie rond de karren aangebracht (Figuur 2) om het microklimaat rond de buitenste planten te verbeteren. Op 11 september is de irrigatiefrequentie verhoogd naar 3 keer per twee weken. Hierbij werd een week op woensdag gegoten en de week erop maandag en vrijdag. Deze cyclus werd herhaald tot het eind van de proef. Er werd van bovenaf water gegeven, per gietbeurt 12 l/m² voedingsoplossing met EC 1.1 mS/cm gevolgd door 2 liter regenwater. Na gieten is het restwater van de tafels weggezogen. Het potgewicht is voor en na gieten bepaald bij dezelfde planten.

Figuur 2
Aan de rand van de velden is folie aangebracht om het microklimaat aan de rand van de velden te verbeteren.

2.4 Klimaatinstellingen

Het klimaat dat werd gehanteerd in de klimaatcel is in overleg met de BCO vastgesteld. Er waren drie periodes in de proef wat het klimaat betreft. Naarmate de planten groter werden nam het lichtniveau bij de actieve bladeren toe van 100 naar 120 µmol/s. Omdat de bladeren wat vlekkerig werden op 11 oktober is het lichtniveau verlaagd van 120 naar 110 µmol/s. Op 22 november is het lichtniveau verhoogd en de temperatuur verlaagd om de takaanleg te induceren. De koelperiode heeft slechts een week geduurd aan het einde van de proef.

Vegetatieve periode (6 augustus – 11 oktober):

100 µmol PAR oplopen naar 120 µmol op bladniveau op 11 oktober
29 graden Celsius
75% RV, CO2 800 ppm van 18:00 uur tot 6:00 uur.
14 uur licht en 10 uur donker (06:00 aan, 20:00 uit)

Vegetatieve periode (11 oktober – 22 november):

110 µmol PAR
29 graden Celsius
75% RV, CO2 800 ppm van 18:00 uur tot 6:00 uur.
14 uur licht en 10 uur donker (06:00 aan, 20:00 uit)

Koelperiode (22 november – 29 november):

120 µmol PAR
19 graden Celsius
75% RV, CO2 800 ppm van 18:00 uur tot 6:00 uur.
14 uur licht en 10 uur donker (06:00 aan, 20:00 uit)

3 Meetplan

3.1 Metingen gietwater

3.1.1 Continu meting gietwater

De waterkwaliteit in de voedingsbakken van elke behandeling is gemonitord met de Sendot watermodule. Hierin zijn gemeten:

- Irrigatiewater - EC - 5 min
- Irrigatiewater - pH - 5 min
- Irrigatiewater redoxpotentiaal - mV - 5 min
- Irrigatiewater algen - mg/l - 5 min
- Irrigatiewater zuurstofgehalte - % - 5 min
- Zuurstofgehalte in het gietwater, continumeting
- Zuurstof behoefte irrigatiewater %O2/uur (iedere 2 uur), deze is berekend in intervallen van twee uur. Het water in een afgesloten cilinder werd iedere twee uur ververst waarbij tegelijkertijd het verloop van de zuurstofconcentratie werd gemeten. Om de microbiologische populatie van voeding te voorzien werd ook een kleine hoeveelheid glucose toegevoegd.

3.1.2 Handmatige metingen

Voor het monitoren van de waterkwaliteit zijn een aantal handmatige metingen verricht. Het zuurstofverbruik is dagelijks gemeten.
De afname van zuurstof is bepaald door het zuurstofgehalte in een volledig gevulde afgesloten buis op twee momenten te meten. De afname is het verschil in de beginconcentratie en de eindconcentratie. Omdat de afname van het zuurstofgehalte afhankelijk is van de beginconcentratie is de relatieve afnamesnelheid berekend. Vervolgens is het zuurstofverbruik gecorrigeerd voor een vaste beginconcentratie van 8 mg/l zuurstof verzadiging van het gietwater.
Gedurende de proef is deze methode geoptimaliseerd. Aanvankelijk ontstond er een luchtbel in de meetbuizen bij normale manier van vullen. Door de buizen en de dop er onder water op te draaien werd de vorming van een luchtbel in de meetbuis voorkomen.

3.1.3 Voedingssamenstelling

Er is 8 keer ontsmet water opgehaald waarna de bakken zijn gevuld. Na ophalen van het ontsmette water is de nutriëntensamenstelling bepaald (Bijlage 1, Tabel 8). Vervolgens is, op basis van de gewenste nutriëntensamenstelling van het druppelwater, bepaald hoeveel drainwater er gebruikt kon worden. Bij de behandelingen met alleen bassinwater (behandeling A) is dezelfde druppelsamenstelling nagestreefd als de behandelingen met hergebruik van drainwater (behandelingen B en C, Bijlage 1, Tabel 15).

3.1.4 Kiemgetal bacteriën, NGS en ATP.

ATP en bacteriekiemgetal analyses zijn periodiek uitgevoerd. Afhankelijk van de geplande bakvullingen. KWR heeft 5 maal monsters geanalyseerd op ATP en bacteriekiemgetal (Tabel 2).
Om een indruk te krijgen van de ontwikkeling van de microbiologische populatie zijn Next Generation Sequencing (NGS) monsters verzameld, de NGS monsters zijn gefiltreerd en ingevroren (Tabel 2). Een selectie van deze monsters is in een later stadium geanalyseerd.
Voorafgaand aan het onderzoek zijn een aantal microbiologische vragen opgesteld (Bijlage 4). Op basis van deze vragen is een meetplan opgesteld om deze vragen te kunnen beantwoorden.

Tabel 2: datum van water oph Meetplan kiemgetal,ATP en bemonstering NGS per behandeling.

	dagnummer	datum	nodig	meet datum bemonstering KWR
1e bakvulling	-1	5-08-24	50 liter uit de schoon drain silo + 450 liter ontsmet drain water	10-08-24
planten in proef, sensoren aansluiten	0	6-08-24	499 liter ontsmet drain water	
2e bakvulling	16	21-08-24	500 liter ontsmet drain water	
3e bakvulling	29	3-09-24	500 liter ontsmet drain water	9-09-24
4e bakvulling	42	17-09-24	500 liter ontsmet drain water	
5e bakvulling	60	4-10-24	500 liter ontsmet drain water	12-10-24
6e bakvulling	71	15-10-24	500 liter ontsmet drain water	
7e bakvulling	86	30-10-24	500 liter ontsmet drain water	3-11-24
8e bakvulling	99	12-11-24	500 liter ontsmet drain water	
einde proef	113	26-11-24	500 liter ontsmet drain water	25-11-24

3.2 Metingen substraat

Het gewicht van de potten is dagelijks vastgesteld door middel van een steekproef van 5 potten per behandeling, hiervoor zijn steeds dezelfde potten gebruikt. Het zuurstofgehalte en temperatuur in de pot is continu gemeten met een zuurstofgehalte meter van Sendot.

3.3 Metingen Plantrespons

De plant respons is in iedere kar gemeten met sensoren van Vivent Biosignals (Electropotentiaal), Sendot (fotosynthese efficiëntie) en 2Grow (blad en worteldikte) (Tabel 3).

3.3.1 Electropotentiaal

Deze sensoren meten het Electropotentiaal in plantcellen. Een biosensor set bestaat uit 8 electroden die elk op twee plaatsen in de stengel van de plant geprikt zijn. Vervolgens wordt het gemiddelde van deze 8 electroden gebruikt om plantreactie te meten en de plant balans index (PBI) te berekenen. De metingen zijn uitgevoerd in beide herhalingen van elke behandeling.

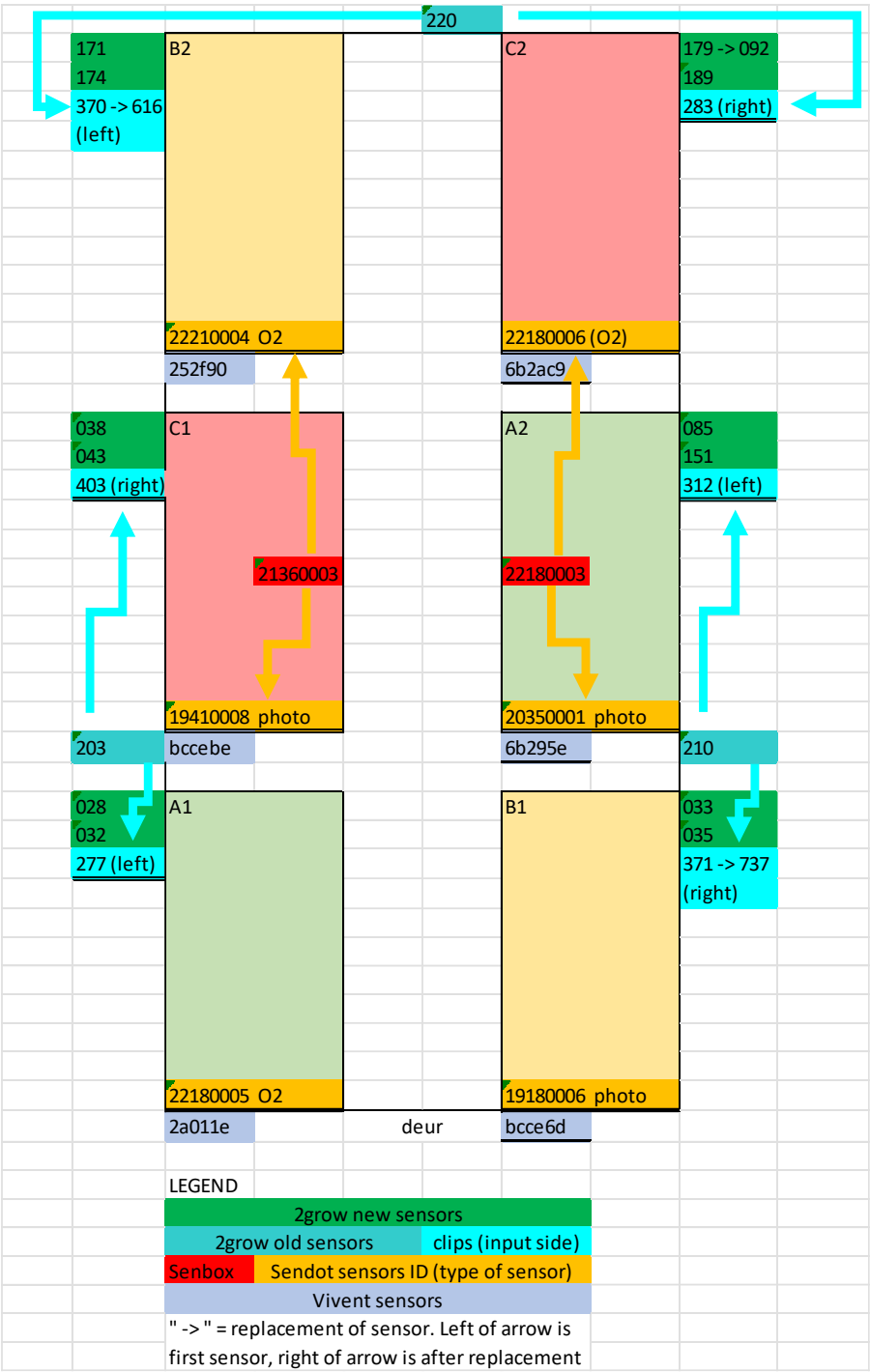
3.3.2 Fotosynthese efficiëntie

De fotosynthese efficiëntie is gemeten met de sensor van Sendot. Met dezelfde sensor is ook de PAR gemeten op de betreffende meetposities. De metingen zijn uitgevoerd in 1 herhaling per behandeling.

3.3.3 Stengel en bladdikte

Bladdikte en stengeldikte zijn gemeten met sensoren van 2grow. Er zijn per kar twee worteldiameter en twee bladdikte sensors gebruikt. De metingen zijn uitgevoerd in beide herhalingen van elke behandeling.

Tabel 3 : Plattegrond klimaatcel met de sensoren per kar.



3.4 Plantgewichten

Bij aanvang van de proef is het startgewicht van de planten bepaald. Daarna is het plant en wortelgewicht nog 3 maal gemeten. Op die momenten is het vers en drooggewicht bepaald.

Tabel 4: Tijdstip van de metingen van plant en wortel gewicht en verandering van de plantdichtheid. Op deze momenten zijn vers-, drooggewicht en het droge stof gehalte bepaald.

datum	activiteit	behandeling			plantdicht-heid	planten per veld
		A	B	C		
9-8-2024	startgewicht	26			63	54
9-9-2024	1e meting	10	10	10	57	49
15-10-2024	2e meting	10	10	10	51	44
13-11-2024	3e meting	10	10	10	45	39
27-11-2024	4e meting	10	10	10		

4 Klimaatgegevens

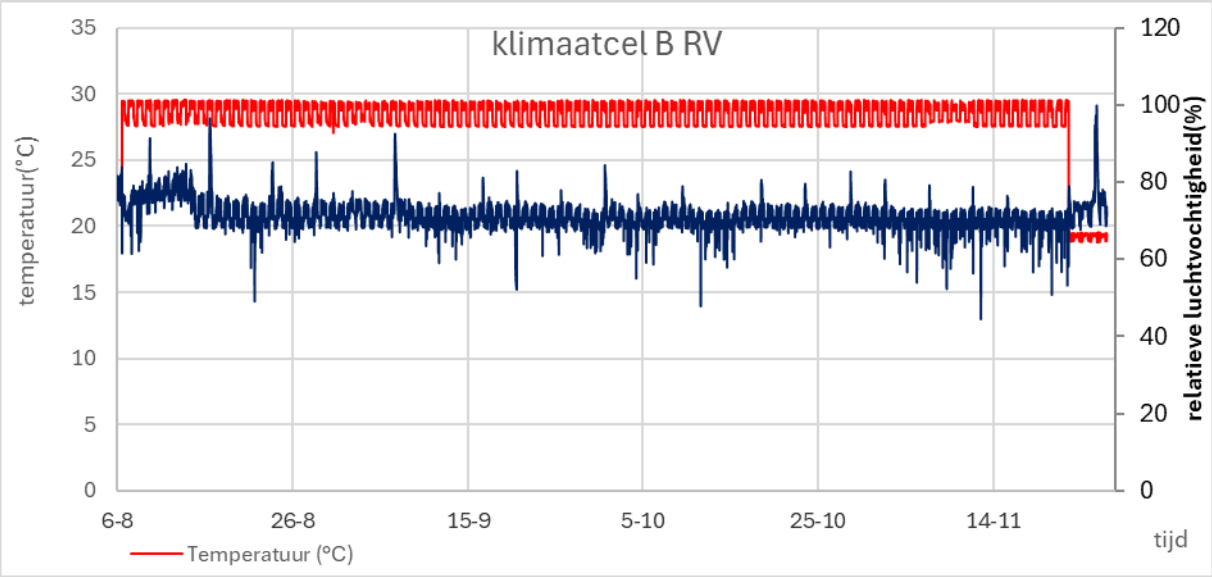
De volgende klimaatgegevens zijn in de klimaatcel verzameld:

- Luchtvochtigheid
- Temperatuur
- Koolstofdioxide concentratie
- Licht aan/uit
- Lichtintensiteit

4.1 Klimaat

De gerealiseerde temperatuur varieerde tussen de 27 en 29 graden(Figuur 3). De RV hangt gedurende het grootste deel van de hele proef tussen 60 en 80.

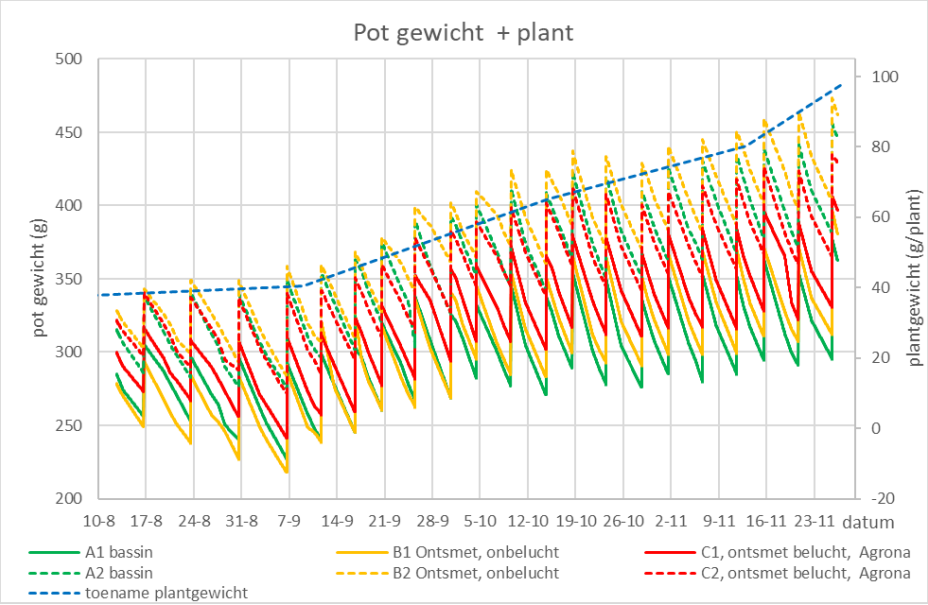
Figuur 3: Klimaatgegevens gedurende de proef



5 Resultaten

5.1 Pot en plantgewicht gedurende de proef

Bij alle behandelingen werd op hetzelfde moment gegoten. Dit is goed terug te zien in het verloop van de potgewichten (Figuur 4). Het potgewicht na gieten neemt geleidelijk toe doordat de planten zwaarder worden. In de eerste fase van de proef, tot 9 september is het plantgewicht nauwelijks toegenomen. Dit komt overeen met de waarneming dat de planten te weinigwater hebben gekregen. Na het verhogen van de gietfrequentie is het plantgewicht sterker toegenomen (figuur 4). Opmerkelijk is dat het plantgewicht sterk is gestegen gedurende de laatste fase, van 14 tot en met 30 novemberMogelijk hangt dit samen met het verlagen van de ruimte temperatuur waardoor het vochtdeficit is afgenomen en de plant gemakkelijker water op kon nemen.



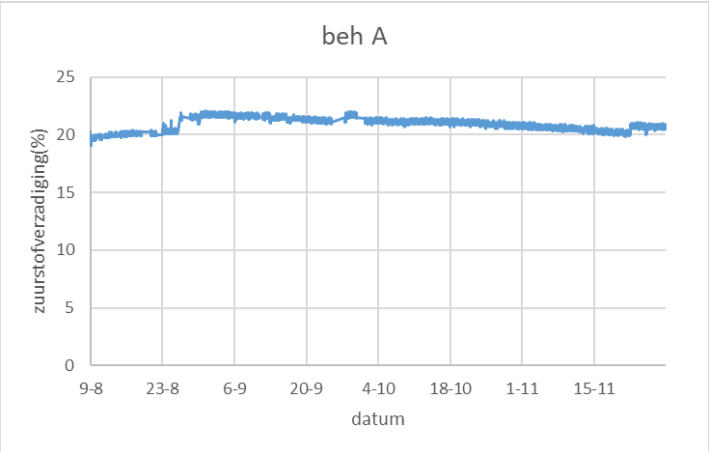
Figuur 4: Het verloop van het potgewicht, inclusief plant, van de afzonderlijke herhalingen per behandeling gedurende de proef (g/plant).

5.2 Zuurstofgehalte in de pot

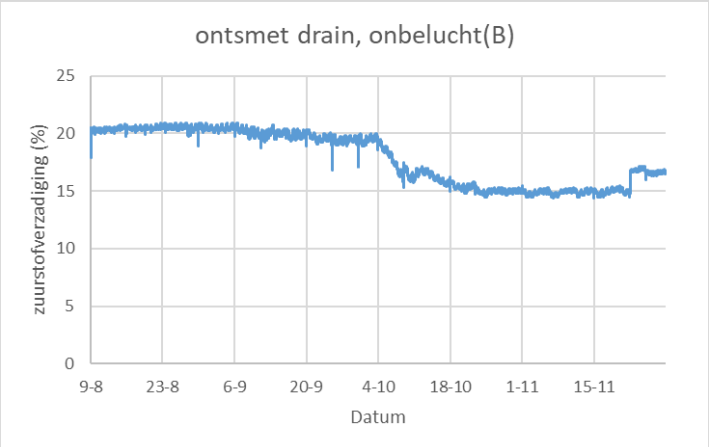
Het zuurstofgehalte in de potten ligt gedurende de gehele looptijd dicht bij de maximale verzadiging. Bij de behandeling met bassinwater is de verzadiging gedurende de gehele periode constant (Figuur 5:). Bij de behandeling ontsmet drainwater, onbelucht (B), is er vanaf 4 oktober een lichte daling van de zuurstofverzadiging te zien (Figuur 6). De zuurstof verzadiging bij de behandeling C is vrijwel maximaal tot 1 november. Vanaf dat moment neemt de zuurstof verzadiging tijdens een gietbeurt toe en is dan een korte tijd oververzadigd om vervolgens te dalen om daarna weer toe te nemen (Figuur 7). De laatste week van de proef is de temperatuur in de klimaatcel verlaagd, dat is bij alle behandelingen terug te zien in de zuurstofverzadiging. Bij behandelingen A en B neemt de zuurstofverzadiging iets toe, terwijl de zuurstofverzadiging bij behandeling C na de gietbeurt minder snel toeneemt dan de gietbeurten daarvoor (Figuur 7).
De afname van de zuurstofverzadiging in de pot hangt samen met het potgewicht zonder plant (Figuur 8). De zuurstofsensor van behandeling A zit in herhaling 1, het potgewicht van die herhaling is lager dan die bij de sensoren van behandeling A en B die in herhaling 2 zitten (Figuur 8).

5.3 Zuurstofverzadiging in relatie tot het potgewicht

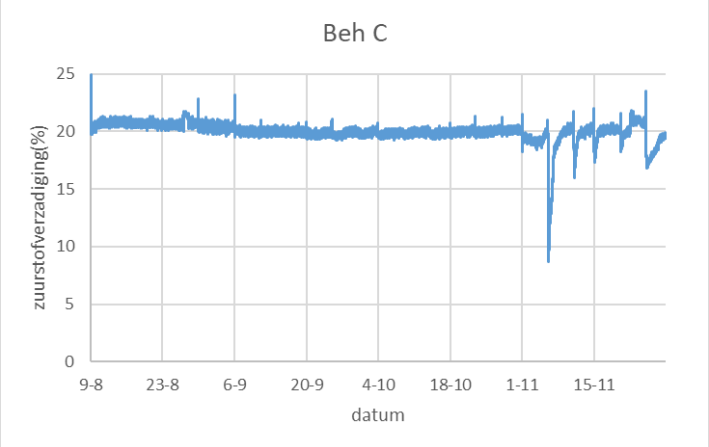
Als de zuurstofgehaltes in de pot vergeleken worden met het berekende potgewicht zonder plant dan valt op dat het potgewicht van behandeling A (Figuur 8), met continu hoog zuurstofgehalte (Figuur 5), het laagste is. Bij behandeling B is het potgewicht het hoogst en stijgt deze langzaam (Figuur 8). Vanaf 4 oktober, bij een maximaal potgewicht van 350 gram, is het zuurstofgehalte in de pot lager waarbij het tussen de gietbeurten niet meer toeneemt (Figuur 6). Op het moment van gieten zakt het potgewicht niet meer onder de 310 gram. Het potgewicht neemt ook bij behandeling C langzaam toe maar deze blijft lager dan behandeling B. Op momenten dat het potgewicht na gieten 350 gram wordt, vanaf 1 november, neemt het zuurstofgehalte bij gieten eerst licht toe om vervolgens af nemen en daarna weer geleidelijk toe te nemen tot de maximale verzadiging (Figuur 7).



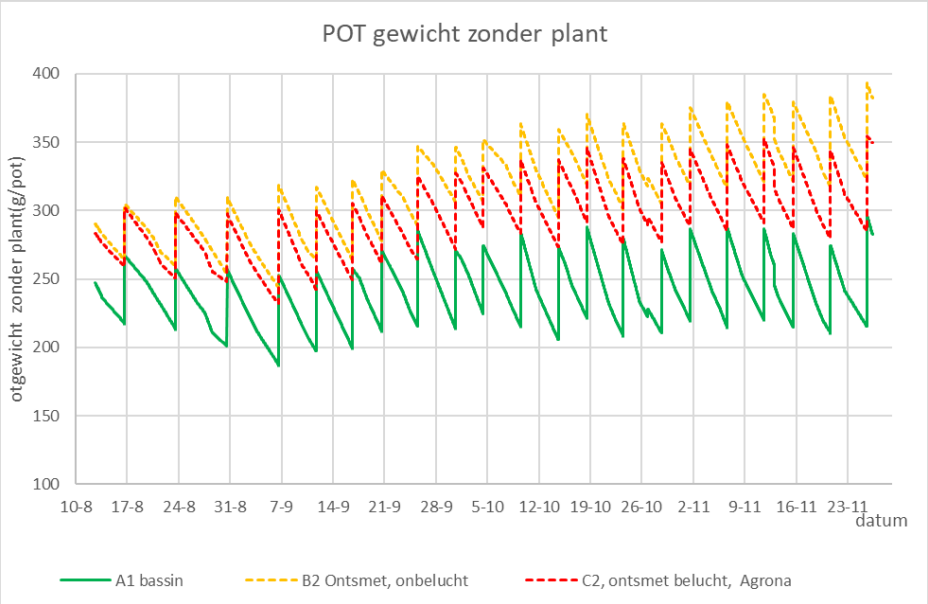
Figuur 5:
Het verloop van de zuurstofverzadiging in de potten van behandeling bassinwater + voeding (A) gedurende de proefperiode, 21% is maximaal verzadigd.



Figuur 6:
Het verloop van de zuurstofverzadinging in de potten van behandeling ontsmet drainwater, onbelucht (B) gedurende de proefperiode, 21% is maximaal verzadigd.



Figuur 7:
Het verloop van de zuurstofverzadinging in de potten van behandeling ontsmet drainwater, belucht met Agrona (C) gedurende de proefperiode, 21% is maximaal verzadigd.



Figuur 8:
Het verloop van het gemiddelde potgewicht verminderd met het plantgewicht gedurende de proef per behandeling.

5.4 Zuurstofgehalte en zuurstofverbruik gietwater

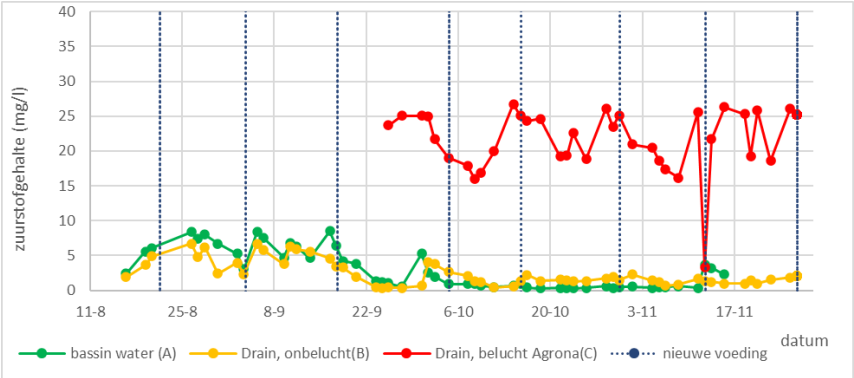
Het zuurstofgehalte in de dagvoorraad gietwater van de beluchte behandeling (C) varieert tussen 15 en 25 mg/l. Dit is twee tot drie keer de normale zuurstofconcentratie van ca. 8.5 mg/l O2 bij optimale verzadiging. De concentratie zuurstof in de behandelingen A en B is aanzienlijk lager en gemiddeld 1.5 mg/l(Tabel 5).

Het zuurstofverbruik meet de hoeveelheid zuurstof die door micro-organismen wordt verbruikt bij de afbraak van organisch materiaal onder aerobe omstandigheden. Het zuurstofverbruik is gedurende de proef op met de Sendot watermodules (intervallen van 2 uur) en met de hand gemeten (dagelijks, Figuur 9). In dit verslag worden de handmetingen gepresenteerd. De resultaten van de metingen met de watermodules worden door Sendot gerapporteerd.

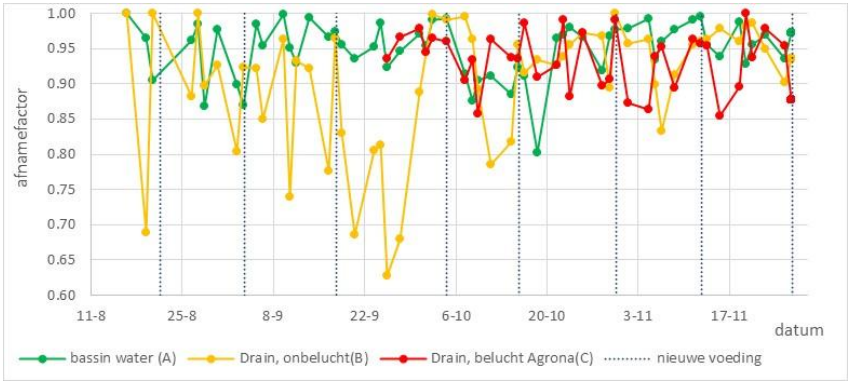
Tabel 5: Het gemiddelde zuurstofgehalte (mg/l), de afnamefactor en zuurstofverbruik (mg/l/uur) van het gietwater tussen 25 september en 26 november.

omschrijving	bassin water (A)	Drain, onbelucht(B)	Drain, belucht Agrona(c)
zuurstofgehalte	1.13	1.49	21.57
afnamefactor	0.95	0.92	0.93
zuurstofverbruik	-0.42	-0.63	-0.53

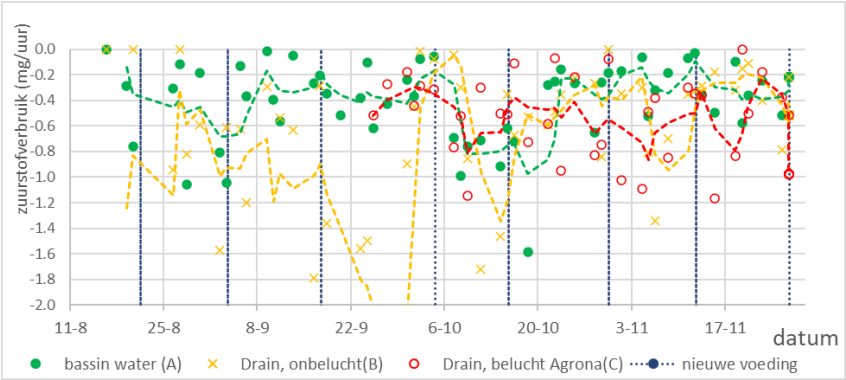
Het zuurstofverbruik is het hoogste voor de behandeling met alleen onstmet drainwater + regenwater met voeding onbelucht (B). De behandeling met bassinwater + voeding heeft 10% lager zuurstofverbruik dan behandeling A. De beluchte Agrona behandeling met ontsmet drainwater + regenwater en voeding (C) is 1/3 van de onbeluchte behandeling (B) (Tabel 5).



Figuur 9
Het verloop van het zuurstofgehalte (mg/l) in het gietwater in de dag voorraad van behandelingen A, B en C.



Figuur 10
Het verloop van de afnamefactor in het gietwater in de dag voorraad van behandelingen A, B en C.



Figuur 11
Het verloop van het zuurstofverbruik (mg/l/uur) in het gietwater in de dag voorraad bij een startconcentratie zuurstof van 8 mg/l van behandelingen A, B en C.

Het zuurstofgehalte in behandelingen A en B was in het begin van de proef nog redelijk. Vanaf half september was de zuurstofconcentratie in beide behandelingen zeer laag. De beluchte behandeling liet de gehele periode hoge concentraties zien (Figuur 9).
Het zuurstofverbruik is bepaald door de verandering van het zuurstofgehalte in een periode van twee uur te bepalen (Figuur 9). De afname van het zuurstofgehalte volgt een patroon van exponentiele afname. Bij de berekening van het zuurstofverbruik is de beginconcentratie van het zuurstofgehalte van grote invloed op het zuurstofverbruik. Om dit te ondervangen is de relatieve afname van het zuurstofgehalte berekend (Figuur 10). De afnamefactor geeft de relatieve verandering van het zuurstofgehalte weer. Bij een afnamefactor van 0.9 neemt het zuurstofgehalte 10% per uur af. De afnamefactor (Figuur 10) en dus ook het zuurstofverbruik (Figuur 11), varieert in de tijd. Er is geen duidelijk patroon zichtbaar in deze variatie gedurende de tijd.

Tabel 6: Het zuurstofgehalte (mg/l) in de dag voorraad per behandeling per periode.

periode	bassin water (A)	Drain, onbelucht(B)	Drain, belucht Agrona(C)
10-9 t/m 15-10	1.6	1.5	16.3
14-11 t/m 22-11	1.2	1.0	17.4
16-10 t/m 13-11	0.6	1.3	15.3
23-11 t/m 30-11	1.1	1.6	19.4
5-8 t/m 9-9	2.6	1.9	16.3
gemiddeld	1.5	1.5	16.2

Tabel 7: De berekende afnamefactor van het zuurstofgehalte in de dag voorraad per behandeling per periode.

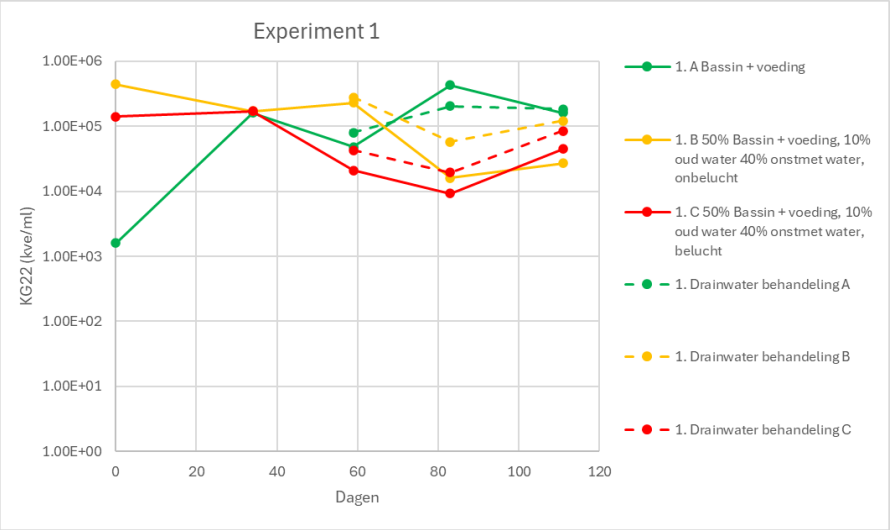
periode	bassin water (A)	Drain, onbelucht(B)	Drain, belucht Agrona(C)
10-9 t/m 15-10	0.89	0.81	0.95
14-11 t/m 22-11	0.91	0.94	0.95
16-10 t/m 13-11	0.81	0.88	0.95
23-11 t/m 30-11	0.91	0.87	0.94
5-8 t/m 9-9	0.94	0.90	0.97
Eindtotaal	0.88	0.87	0.95

Tabel 8: Het berekende zuurstofverbruik(mg/l/uur) bij een startconcentratie van 8 mg/ in de dag voorraad per behandeling per periode.

periode	bassin water (A)	Drain, onbelucht(B)	Drain, belucht Agrona(C)
10-9 t/m 15-10	-0.9	-1.5	-0.4
14-11 t/m 22-11	-0.7	-0.5	-0.4
16-10 t/m 13-11	-1.5	-0.9	-0.4
23-11 t/m 30-11	-0.7	-1.0	-0.5
5-8 t/m 9-9	-0.5	-0.8	-0.2
Eindtotaal	-1.0	-1.1	-0.4

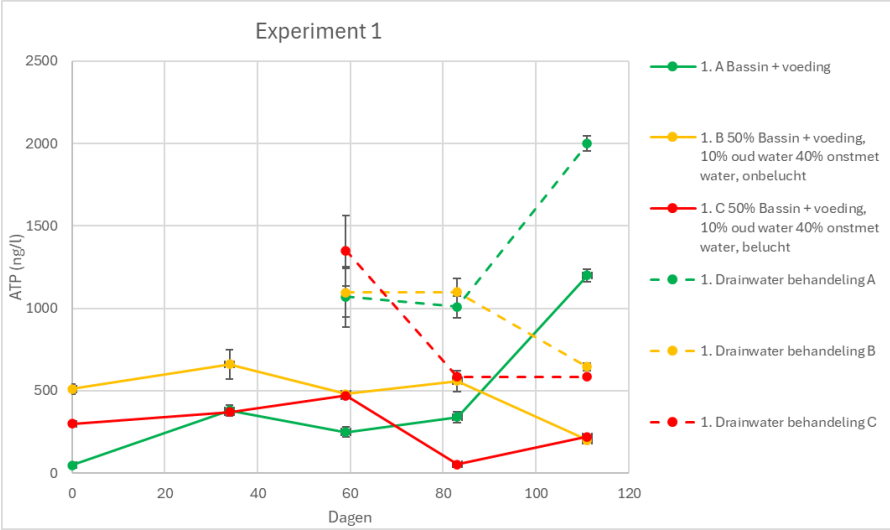
5.5 Metingen ATP en bacteriekiemgetal

Om een indruk te krijgen van de microbiologische activiteit is het bacteriekiemgetal bepaald door middel van uitplaten gemeten en is het ATP-gehalte vier maal bepaald. Bij de uitplaatmethode (KG22) zijn monsters op een voedingsbodem geplaatst die geschikt is voor de groei van micro-organismen. Na incubatie zijn de kolonies geteld. Omdat slechts 1-10% van de aanwezige micro-organismen op de voedingsbodems worden niet alle micro-organismen meegenomen bij de bepaling van het kiemgetal. ATP (adenosinetrifosfaat) is een molecuul dat aanwezig is in alle levende cellen en wordt gebruikt als een indicator voor microbiologische activiteit. In dode cellen komt echter ook ATP voor, na afbraak van cellen komt deze ATP vrij en is dan nog tijdelijk meetbaar. De ATP-meting is gebaseerd op bioluminescentie, waarbij het enzym luciferase ATP omzet in licht. De intensiteit van het licht is proportioneel aan de hoeveelheid ATP en dus aan de microbiële activiteit. Deze methode is niet specifiek voor bepaalde micro-organismen en kan ook ATP van andere bronnen meten, zoals afgestorven bacteriën of wortelresten. Omdat er in dit onderzoek ontsmet water is gebruikt waarbij bacteriën worden gedeactiveerd of gedood zal het ATP van niet actieve bacteriën ook zijn gekwantificeerd.
Het bacterie kiemgetal varieert in de tijd. Het bacteriekiemgetal in het gietwater is over het algemeen iets lager dan in het drainwater (Figuur 12) en volgt de dynamiek van het gietwater. Dit is niet geheel onlogisch omdat een gedeelte van het gietwater niet wordt opgevangen door de potten en rechtstreeks in het drainwater beland. Op basis hiervan kan gesteld worden dat de hoeveelheid bacteriën in de potten hoger is dan het gietwater. Er is geen duidelijk effect te zien van de behandeling van het gietwater op het kiemgetal. Over het algemeen worden de laagste kiemgetallen gemeten bij behandeling C.



Figuur 12
Het bacteriekiemgetal (KG22) in het gietwater (dag 0, 34, 59, 83 en dag 111 na aanmaak van de eerste bak) en het drainwater (dag 59, 83 en dag 111) van behandeling met bassinwater + voeding (A) en mengsels van ontsmet water aangevuld met bassinwater en voeding, onbelucht (B) en belucht (C).

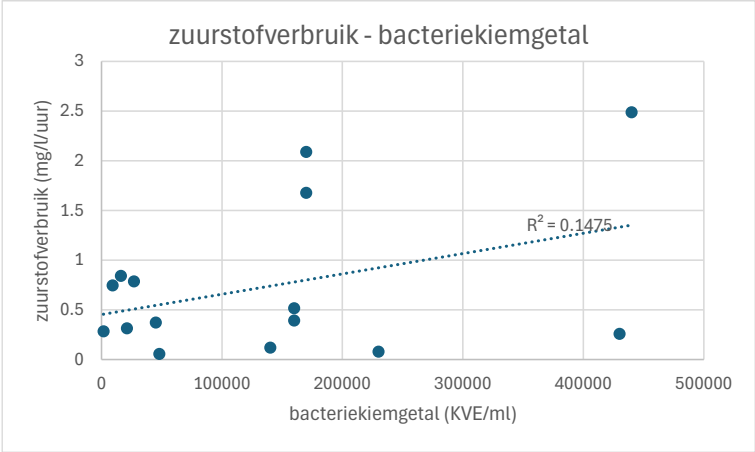
Het ATP-gehalte laat een ander beeld zien dan het bacteriekiemgetal. De verschillen worden waarschijnlijk veroorzaakt doordat de ATP-meting zowel de celgebonden als de vrije ATP gemeten wordt. Tijdens de ontsmetting van het gietwater worden cellen gedood waarbij ATP vrijkomt. Deze wordt door micro-organismen gebruikt als energiebron waarbij het vrije ATP verbruik wordt. Ook hier is geen duidelijk effect te zien van de behandeling van het gietwater op het ATP-gehalte. Over het algemeen lijkt het ATP-gehalte bij behandeling C iets lager te zijn dan bij behandelingen A en B.
Het ATP-gehalte in het drainwater is hoger dan in het gietwater, dit betekend dat het ATP-gehalte in het potwater aanzienlijk hoger is dan in het gietwater.



Figuur 13
Het ATP-gehalte in het gietwater (dag 0, 34, 59, 83 en dag 111 na aanmaak van de eerste bak) en het drainwater (dag 59, 83 en dag 111) van behandeling met bassinwater + voeding (A) en mengsels van ontsmet water aangevuld met bassinwater en voeding, onbelucht(B) en belucht(C).

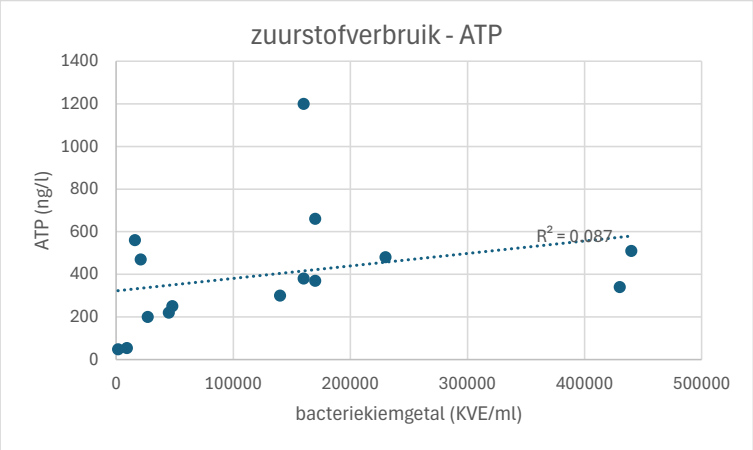
5.6 Vergelijking metingen ATP en bacteriekiemgetal met het zuurstofverbruik

Zowel ATP en bacteriekiemgetal als het zuurstofverbruik geven een indicatie aan van de microbiologische populatie. Als de verschillende metingen tegen elkaar uitgezet worden ontstaat er een goed beeld van de correlatie tussen de verschillende meetmethodes (Figuur 14). De meting tussen het zuurstofverbruik is licht gecorreleerd met het bacteriekiemgetal (r^2=0.15).

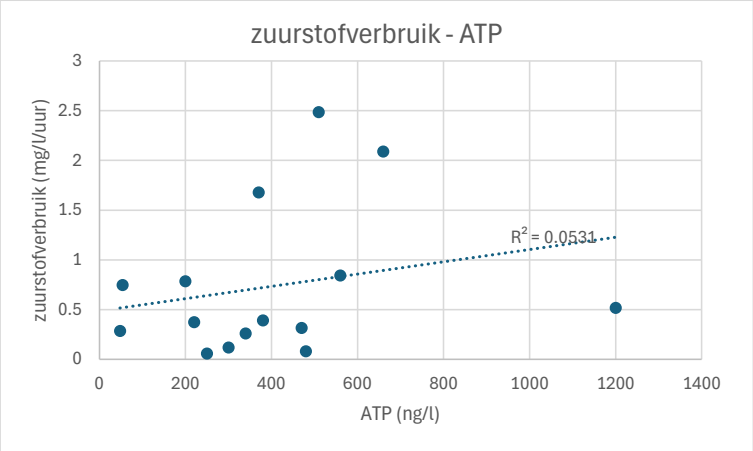


Figuur 14
De relatie tussen het bacteriekiemgetal (KG22) en het zuurstofverbruik van alle metingen.

De metingen van ATP en bacteriekiemgetal (Figuur 15) zijn slecht met elkaar gecorreleerd net als ATP met zuurstofverbruik (Figuur 16). Dit heeft te maken met het feit dat bij de ATP-meting ook dood cel- en ander organisch materiaal een bijdrage levert terwijl bij zuurstofverbruik en bacteriekiemgetal alleen levende bacteriën worden meegenomen.



Figuur 15
De relatie tussen het bacteriekiemgetal (KG22) en het ATP-gehalte van alle metingen.



Figuur 16
De relatie tussen het zuurstofverbruik en het ATP-gehalte van alle metingen.

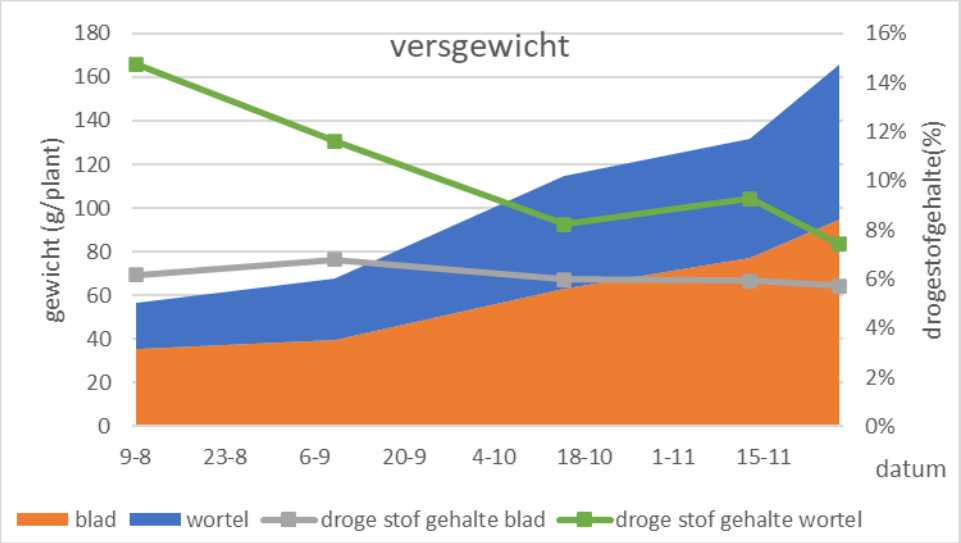
5.7 Plantgewichten

Het vers en drooggewicht van de planten is op vijf momenten gemeten. De relatieve verschillen tussen de behandelingen blijven de gehele proefperiode hetzelfde. Daarom zijn de gemiddelde waarden van de vijf beoordelingsmomenten per behandeling weergegeven (Tabel 9).
De onbeluchte behandelingen (A en B) geven vergelijkbare plantgewichten. De beluchte behandeling (C) heeft een significant lager droge stof gehalte in de wortel ten opzichte van de onbeluchte behandelingen. Het droge stof gehalte in het blad is significant lager ten opzichte van de behandeling met regenwater + voeding (A) en vergelijkbaar met die van de onbeluchte behandeling met ontsmet drain water (B). Het vers gewicht van de bladeren en wortels van behandeling C is hoger dan de behandelingen A en B maar niet significant.

Tabel 9: Het gemiddelde vers en drooggewicht per plant en droge stof gehalte van de behandelingen A, B en C. Een behandeling verschilt significant als dezelfde letter niet voorkomt. Als het verschil tussen twee waardes groter is dan de lsd waarde is deze significant.

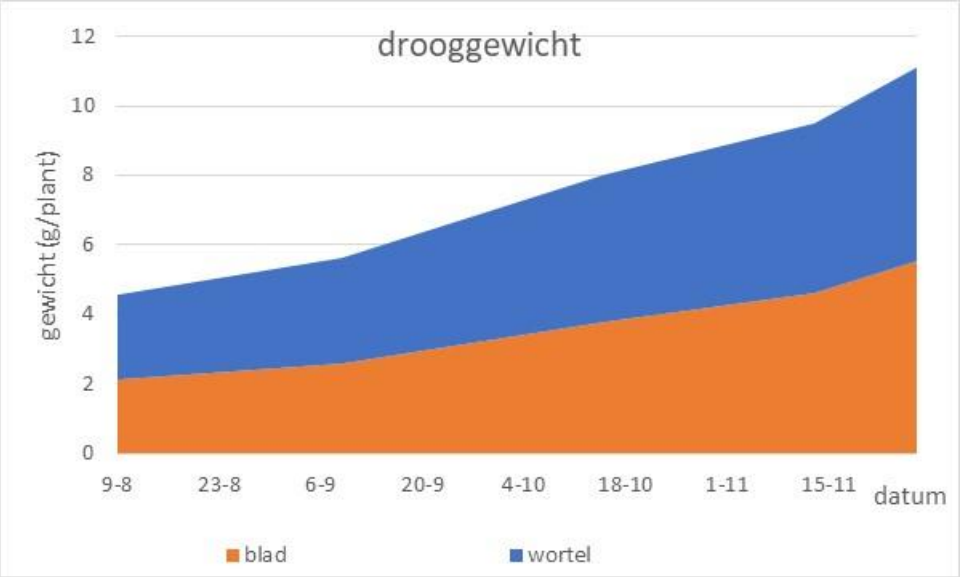
behandeling	vers gewicht (g/plant)		droog gewicht (g/plant)		droge stofgehalte (%)	
	blad	wortel	blad	wortel	blad	wortel
Bassin water	75.8	55.2	4.63	4.77	6.13% (a)	9.13% (a)
recirculatie onbelucht	76.5	57.0	4.55	4.90	5.95% (ab)	8.84% (a)
recirculatie belucht agrona	80.2	60.9	4.73	4.89	5.80% (b)	7.77% (b)
lsd	6.1	5.8	0.34	0.42	0.22%	0.84%

De toename van de plantgewichten is niet regelmatig. In de eerste fase van de proef neemt het vers gewicht nauwelijks toe (Figuur 17). De toename van het drooggewicht is veel regelmatiger (Figuur 18). Dit verschil wordt vooral veroorzaakt door stagnatie van de toename van het vers gewicht en toename van het droge stof gehalte (Figuur 17). Dit suggereert dat er van 9-8 tot 9-9 te weinig water beschikbaar was. Dit komt overeen met de waarneming tijdens de proefbezoeken dat de planten te droog stonden. Na verhogen van de gietfrequentie nam het gewicht tussen 9-9 en 15-10 sterk toe. In de periode tussen 15 oktober en 13 november nam het vers gewicht minder toe en nam ook het droge stof gehalte in de wortels toe.



Figuur 17: Het verloop van het gemiddelde vers gewicht en droge stof gehalte van bladeren en wortels en het gedurende de proef.

In de laatste twee weken nam zowel het droog gewicht als het vers gewicht sterk toe, waarbij het droge stof gehalte in de bladeren en de wortels afnam. Mogelijk heeft het verlagen van de etmaaltemperatuur in de laatste week van de proef hieraan bijgedragen. Door de lagere etmaaltemperatuurwas het vochtdeficit in de klimaat cel flink lager dan de periode daarvoor.



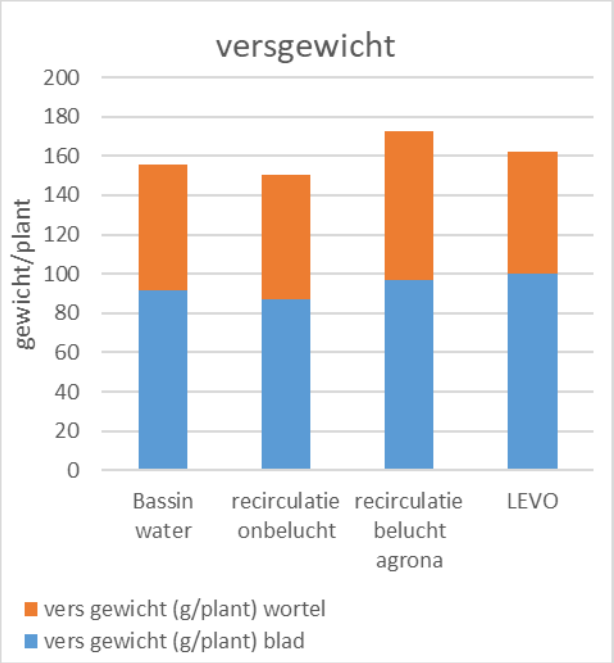
Figuur 18: Het verloop van het gemiddelde droog gewicht van bladeren en wortels en het gedurende de proef.

Tabel 10: Het droog en vers gewicht (g/plant) en het droge stof gehalte gemiddeld over alle behandelingen per datum.

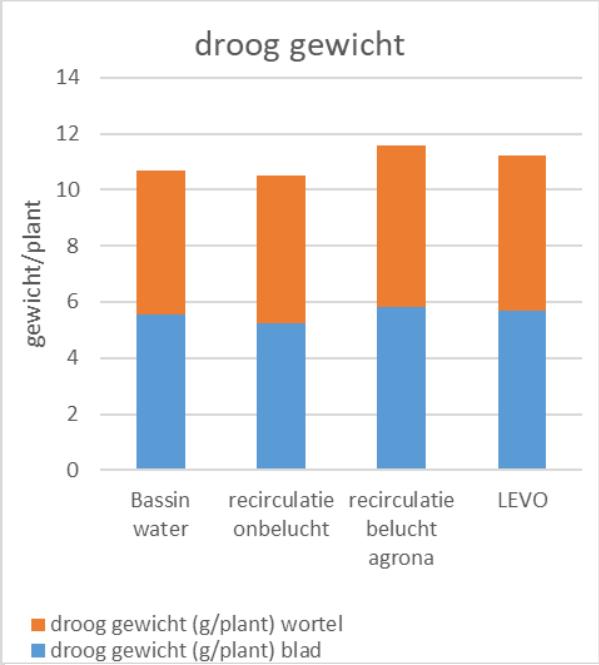
datum	blad			wortel		
	vers (g/plant)	droog (g/plant)	droge stof gehalte (%)	vers (g/plant)	droog (g/plant)	droge stof gehalte (%)
9-8	35.2	2.11	6.2%	21.3	2.4	14.8%
9-9	39.5	2.59	6.8%	28.4	3.0	11.6%
15-10	63.1	3.79	6.0%	51.4	4.2	8.2%
13-11	77.4	4.60	5.9%	54.3	4.9	9.3%
27-11	94.5	5.53	5.7%	71.2	5.6	7.4%

5.8 Plantgewicht in relatie tot de praktijk

Ter vergelijking met de praktijk zijn aan het einde van de proef ook metingen verricht aan planten van LEVO met dezelfde oppotdatum. De planten van Levo hebben vergelijkbare gewichten als de planten uit de proef. Het gewicht van de planten van behandelingen A en B is iets lager als het gewicht van de Levo planten terwijl de plantgewichten van behandeling C iets hoger uitvalt (Figuren 19 en 20)



Figuur 19
Het vers gewicht van de wortels en bladeren van behandelingen A, B en C op 27 november in vergelijking met de planten van Levo.

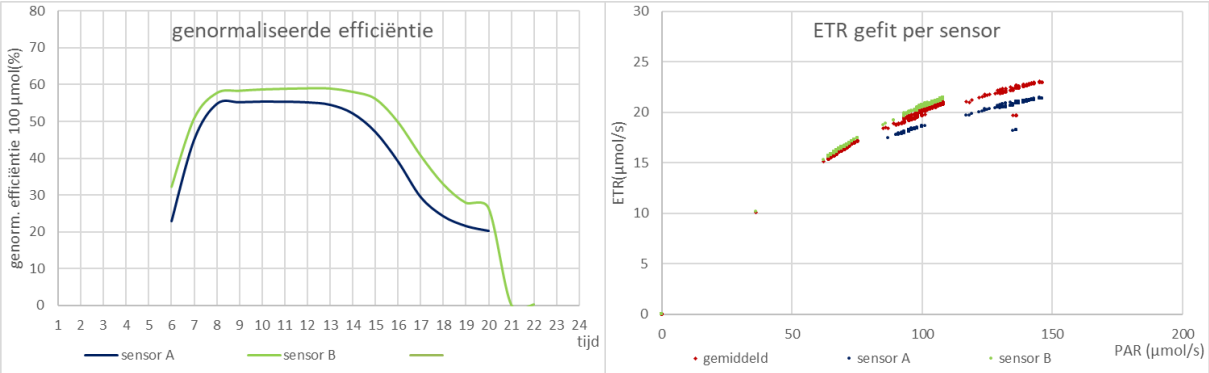


Figuur 20
Het droog gewicht van de wortels en bladeren van behandelingen A, B en C op 27 november in vergelijking met de planten van Levo.

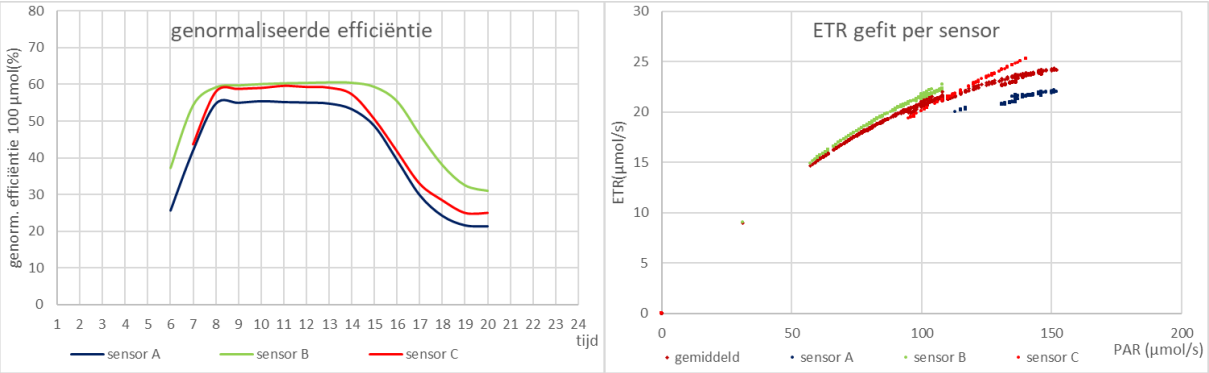
5.9 Data analyse

5.9.1 Variatie fotosynthese efficiëntie gedurende de dag

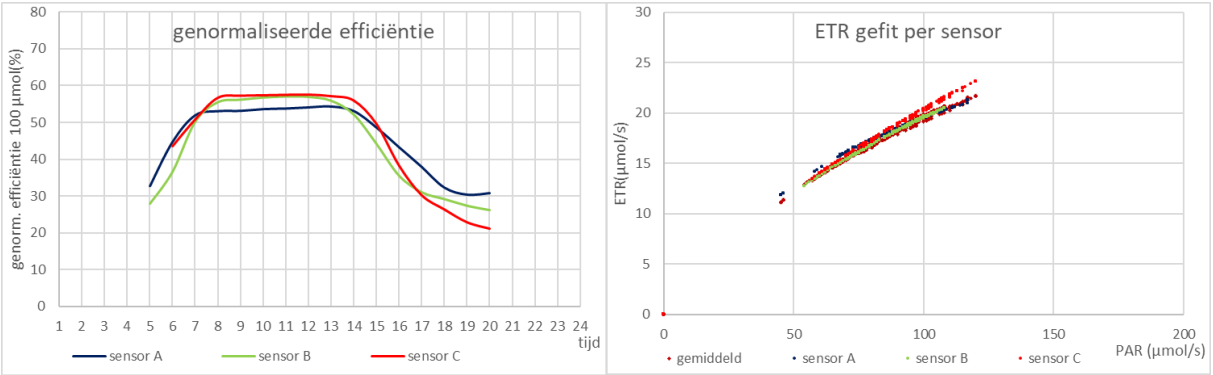
Om een relatie te kunnen leggen tussen waterkwaliteit en de fotosynthese is regressie analyse uitgevoerd. Bij Phalaenopsis is er sprake van een sterke dag dynamiek van de fotosynthese efficiëntie. Daarnaast is de lichtsterkte bij de betreffende sensor van invloed of de fotosynthese efficiëntie. Om de metingen te kunnen vergelijken is de fotosynthese efficiëntie teruggerekend naar een vaste PAR waarde van 100 µmol. Alle behandelingen laten gedurende de verschillende meetperiodes hetzelfde patroon zien (Figuur 21 tot en met Figuur 25). Als het licht aan gaat is de efficiëntie laag om vervolgens toe te nemen tot een maximale waarde gedurende een aantal uren en vervolgens af te nemen. Bij hogere lichtintensiteit neemt de fotosynthese efficiëntie eerder af dan bij lagere lichtintensiteit.
Het rendement van de fotosynthese is per periode weergegeven in de ETR - PAR curves. Daarbij is te zien dat de lichtintensiteit niet gelijk is voor alle sensoren terwijl de belichtingssterkte voor alle behandelingen hetzelfde is. Hoe hoger de lijn in de genormaliseerde en ETR-grafiek des te efficiënter de fotosynthese.



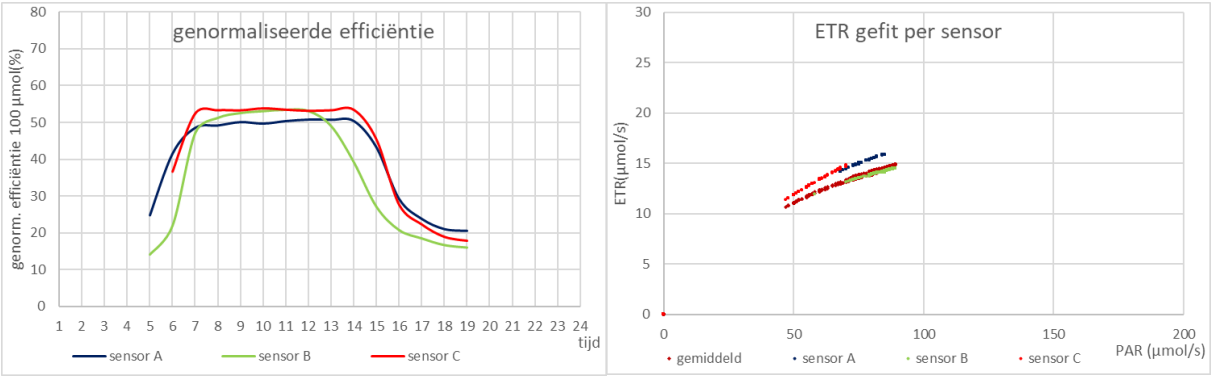
Figuur 21: Het verloop van de gemiddelde genormaliseerde efficiëntie (links) en de ETR (rechts) van de behandeling met bassinwater (sensor A), en onbelucht ontsmet drainwater (sensor B) gerealiseerd in de periode van 9 augustus tot en met 9 september.



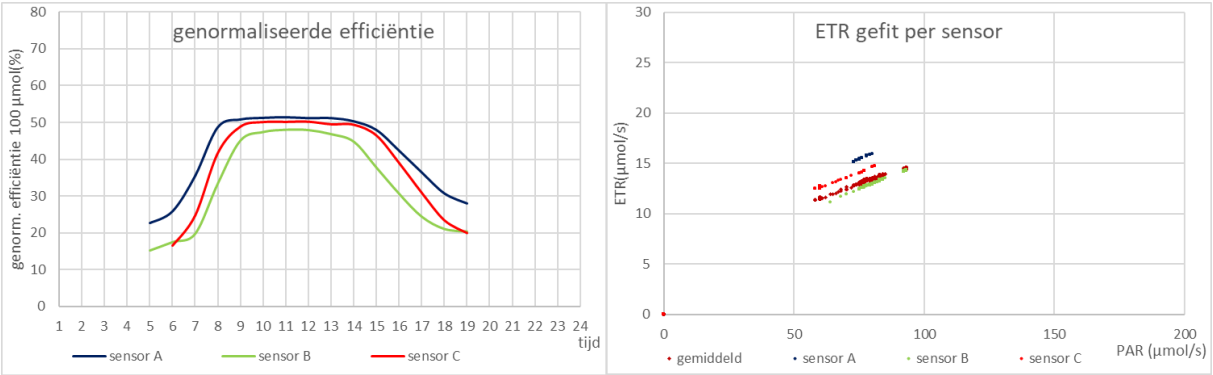
Figuur 22: Het verloop van de gemiddelde genormaliseerde efficiëntie (links) en de ETR (rechts) van de behandeling met bassinwater (sensor A), onbelucht ontsmet drainwater (sensor B) en belucht met Agrona ontsmet drainwater (sensor C) gerealiseerd in de periode van 10 september tot en met 15 oktober.



Figuur 23: Het verloop van de gemiddelde genormaliseerde efficiëntie (links) en de ETR (rechts) van de behandeling met bassinwater (sensor A), onbelucht ontsmet drainwater (sensor B) en belucht met Agrona ontsmet drainwater (sensor C) gerealiseerd in de periode van 16 oktober tot en met 13 november.



Figuur 24: Het verloop van de gemiddelde genormaliseerde efficiëntie (links) en de ETR (rechts) van de behandeling met bassinwater(sensor A), onbelucht ontsmet drainwater (sensor B) en belucht met Agrona ontsmet drainwater (sensor C) gerealiseerd in de periode van 14 november tot en met 22 november.



Figuur 25: Het verloop van de gemiddelde genormaliseerde efficiëntie (links) en de ETR (rechts) van de behandeling met bassinwater (sensor A), onbelucht ontsmet drainwater (sensor B) en belucht met Agrona ontsmet drainwater (sensor C) in de periode van 23 november tot en met 30 november.

5.9.2 Bepalende factoren regressie analyse

Om een goede inschatting te maken van de omstandigheden in het wortelmilieu en de waterkwaliteit zijn de volgende factoren significant gerelateerd aan de fotosynthese efficiëntie:

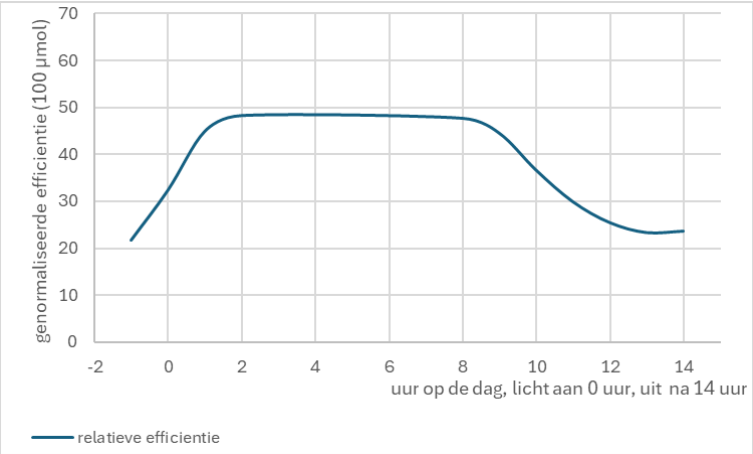
1. Fase gedurende de dag
2. De cumulatieve lichtsom
3. Periode
4. Zuurstofgehalte in de pot
5. De tijd na watergift in dagen
6. Behandeling

5.9.2.1 Fasen gedurende de dag

De dag is verdeeld in 11 tijdvakken en als factor opgenomen in de regressieanalyse:

1. fase 1 u voor start dag
2. fase licht aan
3. 1 u na dag start
4. fase dag
5. fase 6 u voor nacht
6. fase 5 u voor nacht
7. fase 4 u voor nacht
8. fase 3 u voor nacht
9. fase 2 u voor nacht
10. fase 1 u voor nacht
11. fase nacht

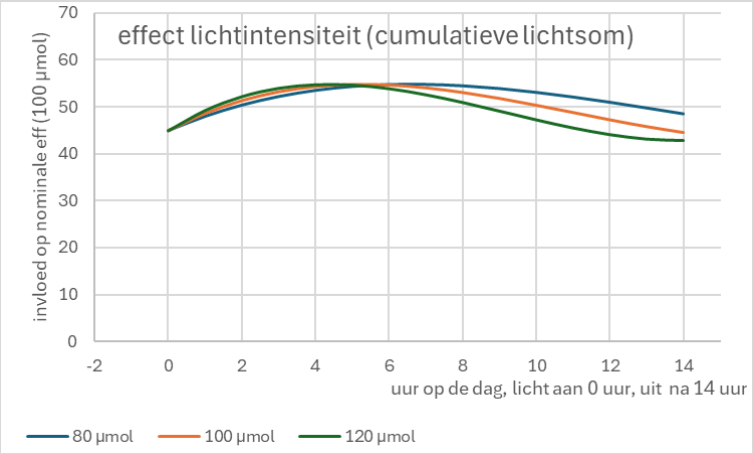
Het verloop van de modelberekening komt overeen met het waargenomen verloop van de fotosynthese efficiëntie (Figuur 26)



Figuur 26
Het verloop van de genormaliseerde fotosynthese efficiëntie berekend met behulp van lineaire regressieanalyse.

5.9.2.2 Het effect van de cumulatieve lichtsom

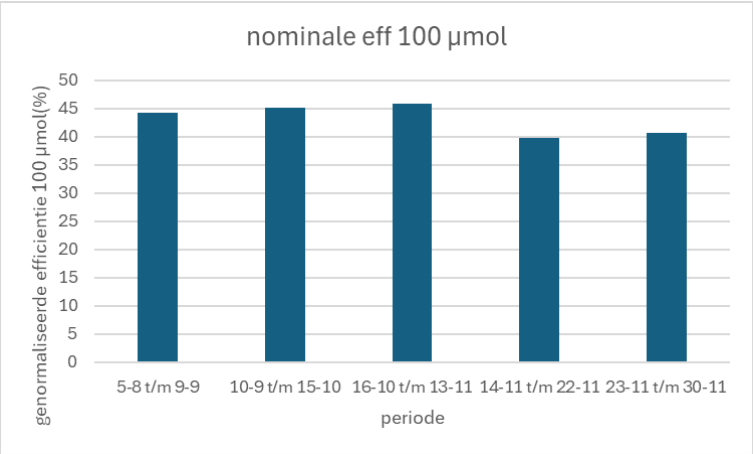
Bij een hogere lichtsterkte is de fotosynthese aan het begin van de dag iets hoger om vervolgens later op de dag af te nemen (Figuur 27).



Figuur 27
De invloed van de lichtsterkte (80, 100 en 120 µmol PAR) op het verloop van de fotosynthese efficiëntie gedurende de dag.

5.9.2.3 Verloop van de fotosynthese gedurende de proef

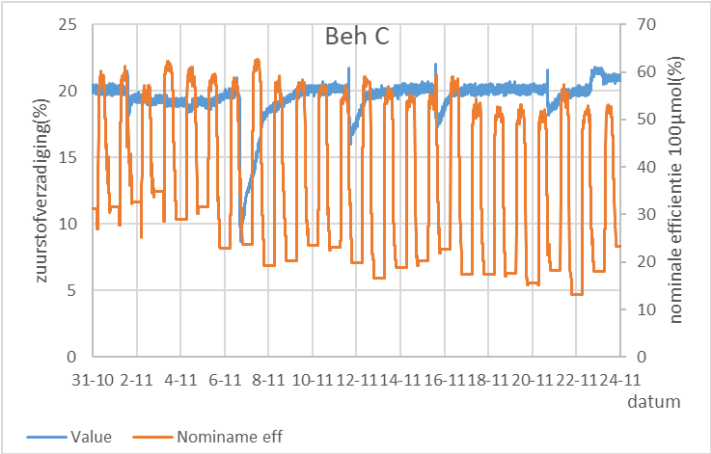
De fotosynthese was niet constant gedurende de proef. De gemiddelde genormaliseerde fotosynthese efficiëntie nam tot 13 november geleidelijk toe om vervolgens de laatste twee weken wat lager uit te vallen (Figuur 28).



Figuur 28
De gemiddelde nominale fotosynthese efficiëntie bij 100 µmol gemiddeld over de behandelingen A, B en C.

5.9.2.4 Zuurstofgehalte in de pot

Zoals beschreven in hoofdstuk 5.4 neemt het zuurstofgehalte in de pot soms af nadat er was gegoten. Het zuurstofgehalte in de pot blijkt significant samen te hangen met de genormaliseerde fotosynthese efficiëntie bij 100µmol (Figuur 29).



Figuur 29
Het zuurstofgehalte in de pot en de nominale fotosynthese efficiëntie 100µmol van 31 oktober tot en met 24 november in behandeling C.

Het effect van het zuurstofgehalte in de pot op de fotosynthese efficiëntie kan gekwantificeerd worden door de genormaliseerde fotosynthese te berekenen met de gerealiseerde zuurstofgehaltes in de pot (Tabel 11) en de zuurstofgehaltes bij maximale verzadiging (Tabel 12). Uit het verschil van deze metingen (Tabel 13) kan afgeleid worden wat de invloed is van het lagere zuurstofgehalte in de pot op de gerealiseerde nominale fotosynthese efficiëntie 100 µmol. Een afname van het zuurstofgehalte in de pot leidde in deze proef tot 2.5 % lagere nominale efficiëntie 100 µmol.

Tabel 11 De berekende nominale fotosynthese efficiëntie 100 µmol (%) bij gerealiseerd zuurstofgehalte in de pot.

periode	A	B	C
5-8 t/m 9-9	44.0	48.6	
10-9 t/m 15-10	43.0	51.3	47.3
16-10 t/m 13-11	45.4	43.8	45.5
14-11 t/m 22-11	39.3	34.7	40.8
23-11 t/m 30-11	40.4	30.9	38.6
gem 10-9 t/m 30-11	42.0	40.2	43.0

Tabel 12 De berekende nominale fotosynthese efficiëntie 100 µmol (%) bij 8.5 mg/l zuurstof in de pot.

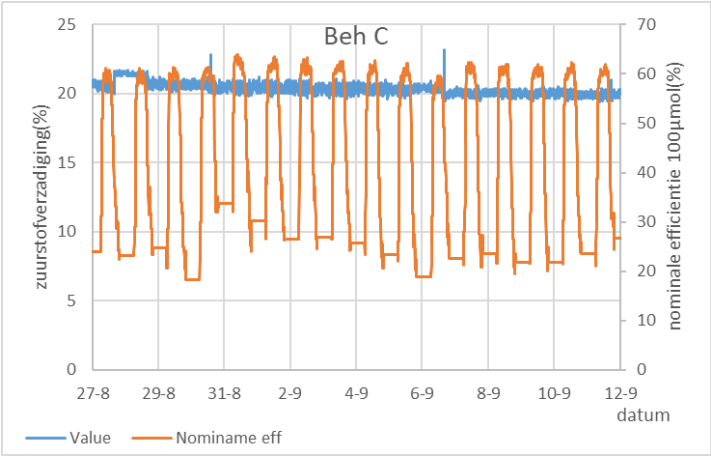
periode	A	B	C
5-8 t/m 9-9	44.1	48.9	47.0
10-9 t/m 15-10	44.8	52.2	47.8
16-10 t/m 13-11	45.5	46.3	46.1
14-11 t/m 22-11	39.5	37.3	41.2
23-11 t/m 30-11	40.5	32.6	39.0
gem 10-9 t/m 30-11	42.6	42.1	43.5

Tabel 13: Potentiële toename bij 8.5 mg/l zuurstof in de pot ten opzichte van het gerealiseerde zuurstofgehalte.

periode	A	B	C
5-8 t/m 9-9	0.0	0.3	
10-9 t/m 15-10	1.9	0.9	0.5
16-10 t/m 13-11	0.1	2.5	0.6
14-11 t/m 22-11	0.2	2.5	0.4
23-11 t/m 30-11	0.1	1.8	0.4
gem 10-9 t/m 30-11	0.6	1.9	0.5

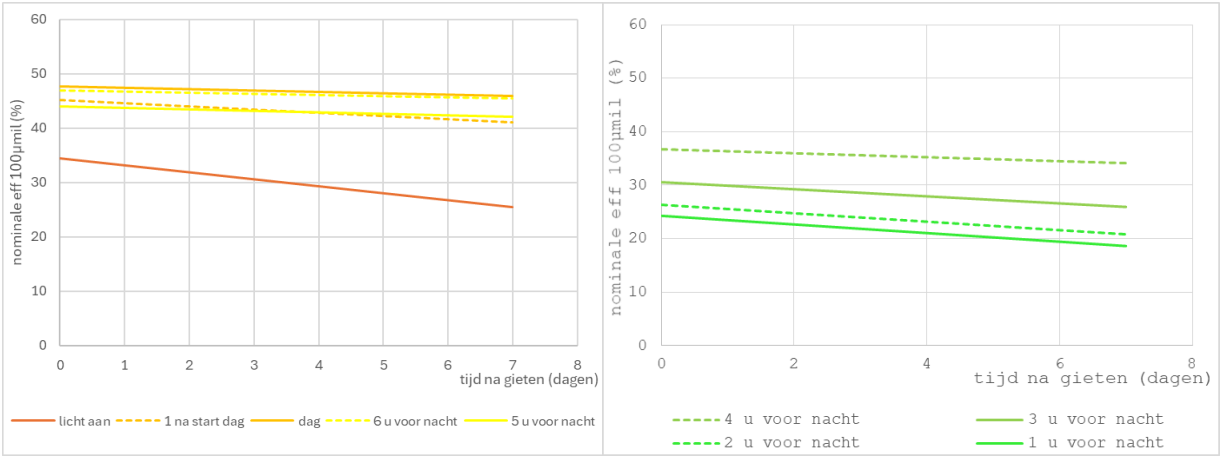
5.9.2.5 De tijd na watergift in dagen

Op basis van de gemeten data is een klein effect van de watergift op de nominale fotosynthese efficiëntie zichtbaar (Figuur 29). De dag na de watergift (30-8 en 6-9) is de fotosynthese het meest efficiënt om vervolgens iedere dag iets af te nemen.



Figuur 30
Het zuurstofgehalte in de pot en de nominale fotosynthese efficiëntie 100µmol van 27 augsutus tot en met 12 septemberber in behandeling C.

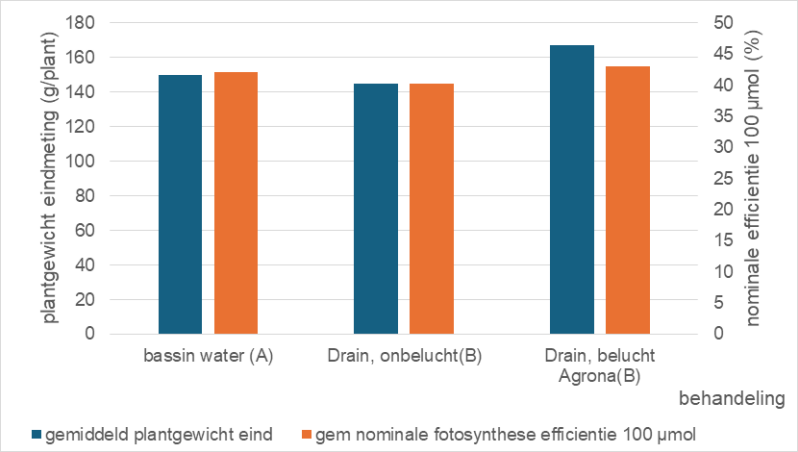
Er bestaat een significante samenhang tussen de genormaliseerde fotosynthese efficiëntie 100 µmol en de tijd na watergift. Dit effect varieert gedurende de verschillende fasen gedurende de dag (Figuur 31). Vanaf 2 uur vanaf de start van de dag tot 6 uur voor de nacht heeft het tijdstip van water geven weinig invloed op de nominale fotosynthese efficiëntie bij 100 µmol. De nominale fotosynthese efficiëntie in fasen 1 uur na start dag en 5 uur voor begin van de nacht is iets lager dan de dag periode en de invloed van de watergift is iets groter. Naarmate de periode dichter bij de nacht komt neemt de fotosynthese efficiëntie meer af en wordt het effect van de tijd vanaf de laatste watergift groter.



Figuur 31 De verandering van de nominale fotosynthese efficiëntie bij 100 µmol in de dagen na een gietbeurt gedurende de verschillend fasen van de dag, links bij het aangaan van het licht, 1 uur na start van de dag, dag (2 uur vanaf licht tot 6 uur voor de nacht), 6 uur voor de nacht en 5 uur voor de nacht. Rechts 4, 3 ,2 en 1 uur voor het begin van de nacht.

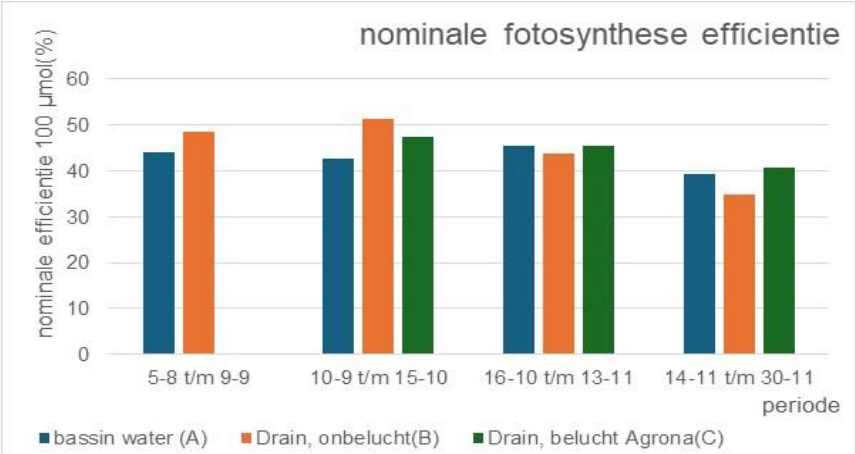
5.9.2.6 Effect van de behandeling op het plantgewicht

De voorspelde nominale fotosynthese efficiëntie volgt dezelfde tendens als het plantgewicht van de eindbeoordeling.

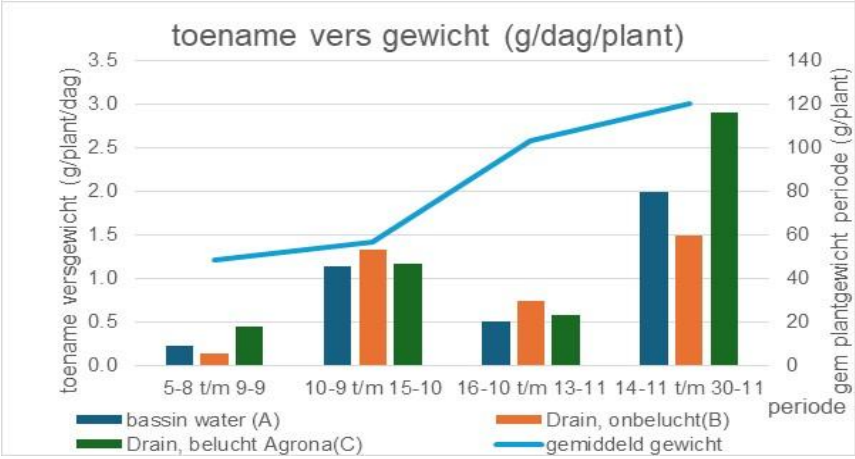


Figuur 32
Het gerealiseerde plantgewicht op 27 november in relatie tot de gemiddelde nominale fotosynthese efficiëntie 100 µmol per behandeling.

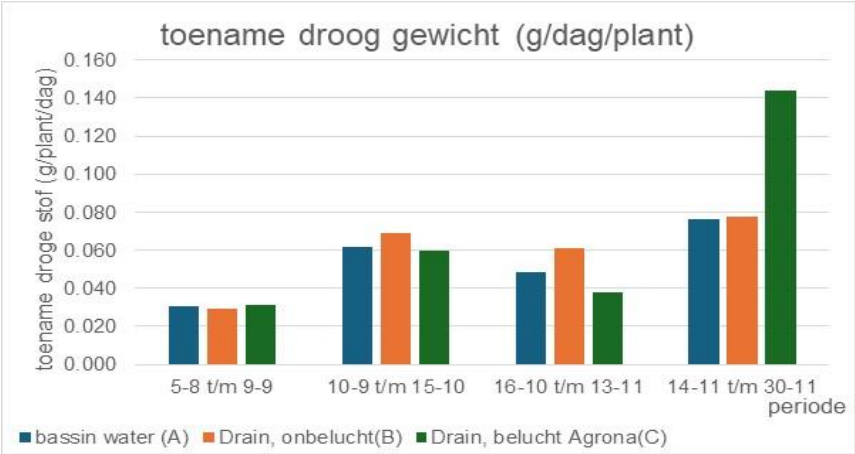
De nominale fotosynthese efficiëntie 100 µmol is het hoogst in de periode van 10 september tot 15 oktober en neemt in de perioden daarna langzaam af (Figuur 32). Omdat het bladoppervlak gedurende de proef toeneemt zal er steeds meer licht opgevangen worden waardoor de groeisnelheid kan toenemen.
Het vers gewicht is sterk toegenomen in de perioden 10-8 tot en met 15-10 en de laatste 2 weken van de proef (Figuur 33). In beide perioden heeft de nominale fotosynthese efficiëntie dezelfde rangorde als de toename van het vers en drooggewicht. In de andere perioden blijft met name de toename van het vers gewicht achter. Door toename van het droge stof gehalte neemt het drooggewicht in de periodes 5-8 tot en met 9-9 en 16-10 tot en met 13-11 nog wel behoorlijk toe (Figuur 35).
Waarschijnlijk heeft de lagere temperatuur aan het einde van de proef in combinatie met de hogere lichtintensiteit en lager vochtdeficit bijgedragen aan de hogere toename van het vers gewicht.



Figuur 33
De gemiddelde nominale fotosynthese 100 mol per periode van behandelingen A, B en C.



Figuur 34
De gemiddelde toename van het vers gewicht per periode van behandelingen A, B en C.



Figuur 35
De gemiddelde toename van het droog gewicht per periode van behandelingen A, B en C.

5.9.2.7 Totaal effect van alle factoren

Op basis van de lineaire regressie is een model opgesteld met een correlatiecoëfficiënt van 0.82. In bijlage 2 staan alle figuren met de gerealiseerde en voorspelde nominale fotosynthese efficiëntie 100 µmol gedurende de proef van alle behandelingen.

6 Conclusies

- Beluchten van de dag voorraad met Agrona nanobubbles leidde tot verdubbeling van het zuurstofgehalte ten opzichte van de oplosbaarheid 8.5 mg/l zuurstof wat normaal gesproken haalbaar is.
- Zonder beluchting was het zuurstofgehalte in gietwater laag, gemiddeld 1.5 mg/l.
- Het zuurstofverbruik in onbelucht water varieerde behoorlijk. Het gemiddelde zuurstofverbruik in regenwater met voeding was 0.95 mg/l/uur, die van ontsmet drainwater met regenwater en voeding was een fractie hoger, 1.07 mg/l uur.
- Het zuurstofverbruik van met Agrona belucht ontsmet drainwater met regenwater en voeding was aanzienlijk lager, 0.37 mg/l.
- Het bacteriekiemgetal in het gietwater vertoonde een lichte correlatie met het zuurstofverbruik van het gietwater.
- Het ATP-gehalte van het gietwater vertoonde geen correlatie met het bacteriekiemgetal en het zuurstofverbruik.
- Er is geen rechtstreekse relatie aangetoond tussen zuurstofverbruik van het gietwater met de fotosynthese efficiëntie.
- Bij afname van het zuurstofgehalte in de potten is wel een significante samenhang met afname van de fotosynthese efficiëntie aangetoond.
- Het zuurstofgehalte in de potten nam af als het potgewicht zonder plant toename tot waarden boven ca. 330 gram. Ten gevolge van de afgenomen zuurstofconcentratie nam de nominale fotosynthese efficiëntie 100 µmol met maximaal 2.5 af. Dit betekent bij een nominale fotosynthese efficientie 100µmol van 40% dat het totale rendement van de fotosynthese met 6% afneemt.
- Evaluatie van de waterkwaliteit in teeltproeven is een complex geheel en vergt een gedegen data-analyse om significante resultaten boven water te halen.
- Phlaenopsis is een CAM-plant, wat betekent dat blad ’s nachts CO2 opneemt en in de vorm van malaat (appelzuur) opslaat. Overdag komt het CO2 vrij en wordt het in de lichtperiode verwerkt tot suikers. Als de malaat in de plant op is neemt de fotosynthese efficiëntie af. Door dit effect mee te nemen in de regressieanalyse zijn significante relaties aangetoondtussen de nominale fotosynthese efficiëntie met de gietstrategie en het zuurstofgehalte in de potten.
- De beluchte behandeling C had gemiddeld en significant lager droge stof gehalte in de bladeren dan de overige behandelingen. Het vers gewicht en de nominale fotosynthese efficiëntie 100 µmol was het hoogste van de behandelingen, zonder significant te zijn.
- Vanaf het moment van watergeven neemt de fotosynthese in de periode van 4 uur voor de nacht tot 1 uur na het begin van de dag geleidelijk af. Dit heeft te waarschijnlijk te maken met het feit dat in die de huidmondjes in die periode geopend zijn. Waarschijnlijk zijn de huidmondjes minder ver geopend naarmate er langer geleden water is gegeven zodat er minder CO2 opgenomen kan worden. Wellicht is het gunstig om in die periode een hogere relatieve luchtvochtigheid te realiseren.
- Naarmate de lichtintensiteit (PAR) hoger is neemt de nominale fotosynthese efficiëntie 100 µmol in de eerste fase van de dag licht toe om later op te dag te lager uit te komen ten opzichte van lagere lichtintensiteit.

Bijlage 1 Samenstelling drain en druppelwater

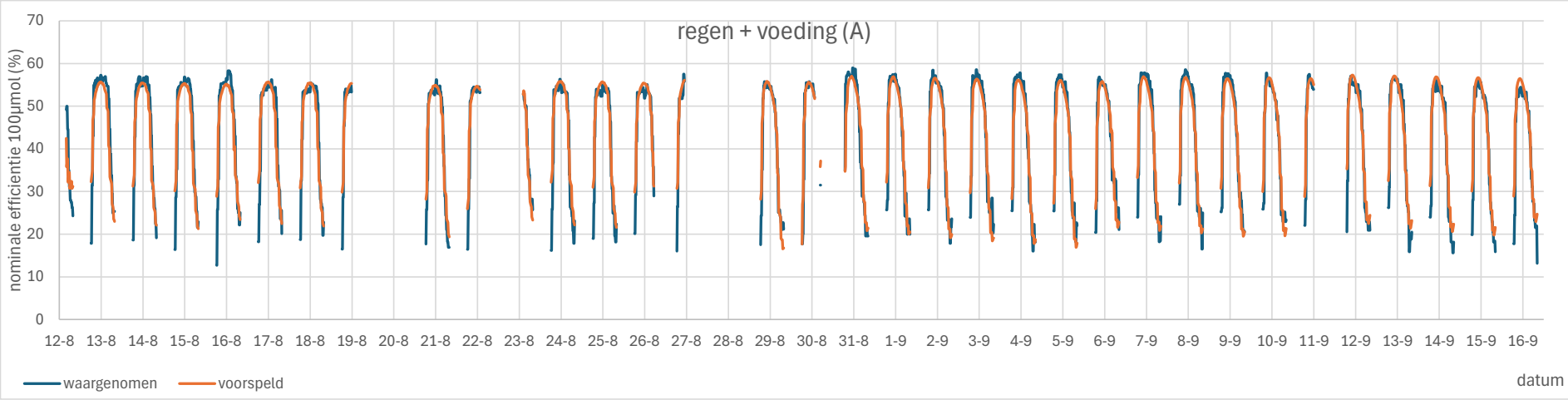
Tabel 14: De samenstelling van het ontsmette drainwater en het percentage gebruikte ontsmette water per bakvulling voor behandelingen B en C per aanmaakdatum.

datum ontvangst	herge-bruik(%)	mmol/l											µmol/l					
		NH4	K	Na	Ca	Mg	Si	NO3	Cl	SO4	HCO3	H2PO4	Fe	Mn	Zn	B	Cu	Mo
5-08-24	64	3.4	2.2	0.6	1.1	0.5	0.1	5.7	0.5	0.3	1.5	1.0	28.5	6.0	22.8	14.9	1.4	0.3
21-08-24	70	1.5	1.1	0.5	0.9	0.4	0.1	4.1	0.5	0.2	0.6	0.5	11.5	4.7	14.2	10.1	0.7	0.2
3-09-24	70	1.5	1.1	0.5	0.9	0.4	0.1	4.1	0.5	0.2	0.6	0.5	11.5	4.7	14.2	10.1	0.7	0.2
17-09-24	70	1.5	1.1	0.5	0.9	0.4	0.1	4.1	0.5	0.2	0.6	0.5	11.5	4.7	14.2	10.1	0.7	0.2
4-10-24	70	2.2	1.3	0.6	0.9	0.3	0.1	3.9	0.4	0.2	1.2	0.5	17.7	4.9	16.6	9.4	0.7	0.0
15-10-24	70	1.2	0.9	0.4	0.8	0.3	0.1	3.0	0.4	0.2	0.9	0.4	12.7	4.0	12.7	7.6	0.5	0.3
30-10-24	70	0.6	0.8	0.6	1.0	0.3	0.1	2.7	0.7	0.2	0.6	0.3	9.0	4.3	10.9	6.4	0.6	0.0
12-11-24	70	2.8	1.5	0.6	1.1	0.4	0.1	4.6	0.6	0.3	1.4	0.7	33.1	5.7	22.7	11.7	1.0	0.3

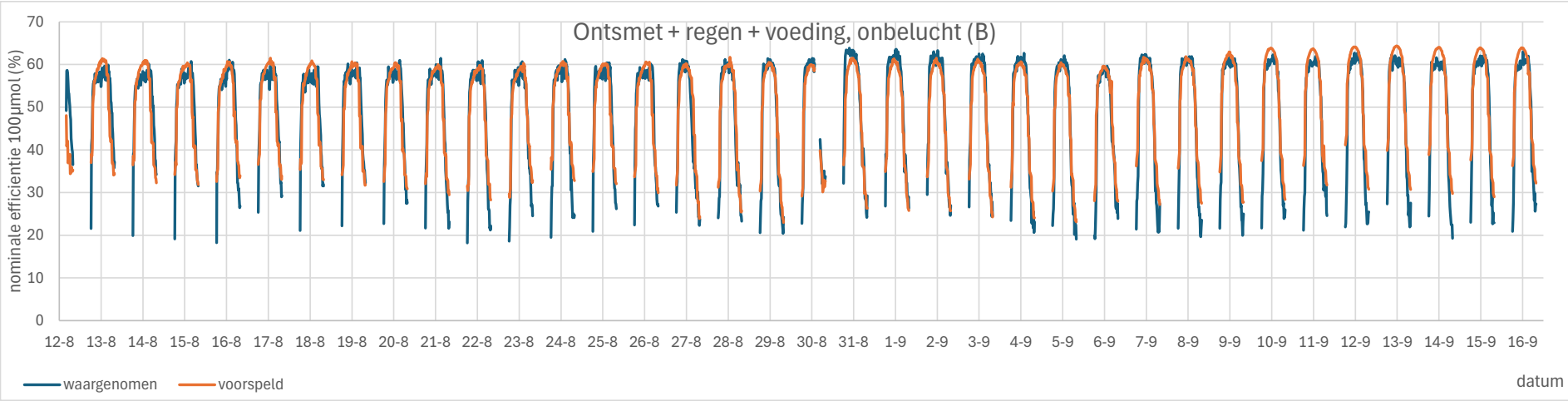
Tabel 15: De samenstelling van het druppelwater voor behandelingen A, B en C per aanmaakdatum.

recept	datum ontvangst	pH	EC [mS/cm]	mmol/l											µmol/l					
				NH4	K	Na	Ca	Mg	Si	NO3	Cl	SO4	HCO3	H2PO4	Fe	Mn	Zn	B	Cu	Mo
bassinwater A	5-08-24	5.5	1.1	3.4	3.4	0.0	1.4	0.7	0.0	7.8	0.6	0.5	0.0	1.6	51.7	8.0	14.0	16.5	2.0	0.5
hergebruik B, onbelucht	5-08-24	5.5	1.1	3.4	3.4	0.0	1.4	0.7	0.0	8.1	0.3	0.5	0.0	1.6	51.1	8.0	15.6	16.8	2.0	0.5
hergebruik C, belucht agrona	5-08-24	5.5	1.1	3.4	3.4	0.0	1.4	0.7	0.0	8.1	0.3	0.5	0.0	1.6	51.1	8.0	15.6	16.8	2.0	0.5
bassinwater A	21-08-24	5.5	1.1	3.4	3.4	0.0	1.4	0.7	0.0	7.8	0.6	0.5	0.0	1.6	51.7	8.0	14.0	16.5	2.0	0.5
hergebruik B, onbelucht	21-08-24	5.5	1.1	3.4	3.4	0.0	1.3	0.6	0.0	7.8	0.6	0.6	0.0	1.6	51.4	8.0	14.0	16.7	2.0	0.5
hergebruik C, belucht agrona	21-08-24	5.5	1.1	3.4	3.4	0.0	1.3	0.6	0.0	7.8	0.6	0.6	0.0	1.6	51.4	8.0	14.0	16.7	2.0	0.5
bassinwater A	3-09-24	5.5	1.1	3.4	3.4	0.0	1.4	0.7	0.0	7.8	0.6	0.5	0.0	1.6	51.7	8.0	14.0	16.5	2.0	0.5
hergebruik B, onbelucht	3-09-24	5.5	1.1	3.4	3.4	0.0	1.3	0.6	0.0	7.8	0.6	0.6	0.0	1.6	51.4	8.0	14.0	16.7	2.0	0.5
hergebruik C, belucht agrona	3-09-24	5.5	1.1	3.4	3.4	0.0	1.3	0.6	0.0	7.8	0.6	0.6	0.0	1.6	51.4	8.0	14.0	16.7	2.0	0.5
bassinwater A	17-09-24	5.5	1.1	3.4	3.4	0.0	1.4	0.7	0.0	7.8	0.6	0.5	0.0	1.6	51.7	8.0	14.0	16.5	2.0	0.5
hergebruik B, onbelucht	17-09-24	5.5	1.1	3.4	3.4	0.0	1.3	0.6	0.0	7.8	0.6	0.6	0.0	1.6	51.4	8.0	14.0	16.7	2.0	0.5
hergebruik C, belucht agrona	17-09-24	5.5	1.1	3.4	3.4	0.0	1.3	0.6	0.0	7.8	0.6	0.6	0.0	1.6	51.4	8.0	14.0	16.7	2.0	0.5
bassinwater A	4-10-24	5.5	1.1	3.4	3.4	0.0	1.4	0.7	0.0	7.8	0.6	0.5	0.0	1.6	51.7	8.0	14.0	16.5	2.0	0.5
hergebruik B, onbelucht	4-10-24	5.5	1.1	3.4	3.4	0.0	1.4	0.7	0.0	7.8	0.6	0.5	0.0	1.6	51.2	8.0	14.0	16.7	2.0	0.5
hergebruik C, belucht agrona	4-10-24	5.5	1.1	3.4	3.4	0.0	1.4	0.7	0.0	7.8	0.6	0.5	0.0	1.6	51.2	8.0	14.0	16.7	2.0	0.5
bassinwater A	14-10-24	5.5	1.1	3.4	3.4	0.0	1.4	0.7	0.0	7.8	0.6	0.5	0.0	1.6	51.7	8.0	14.0	16.5	2.0	0.5
hergebruik B, onbelucht	15-10-24	5.5	1.1	3.4	3.4	0.0	1.3	0.6	0.0	7.8	0.6	0.6	0.0	1.6	51.4	8.0	14.0	16.6	2.0	0.5
hergebruik C, belucht agrona	15-10-24	5.5	1.1	3.4	3.4	0.0	1.3	0.6	0.0	7.8	0.6	0.6	0.0	1.6	51.4	8.0	14.0	16.6	2.0	0.5
bassinwater A	30-10-24	5.5	1.1	3.4	3.4	0.0	1.4	0.7	0.0	7.8	0.6	0.5	0.0	1.6	51.7	8.0	14.0	16.5	2.0	0.5
hergebruik B, onbelucht	30-10-24	5.5	1.1	3.4	3.4	0.0	1.3	0.6	0.0	7.8	0.6	0.6	0.0	1.6	51.5	8.0	14.0	16.6	2.0	0.5
hergebruik C, belucht agrona	30-10-24	5.5	1.1	3.4	3.4	0.0	1.3	0.6	0.0	7.8	0.6	0.6	0.0	1.6	51.5	8.0	14.0	16.6	2.0	0.5
bassinwater A	12-11-24	5.5	1.1	3.4	3.4	0.0	1.4	0.7	0.0	7.8	0.6	0.5	0.0	1.6	51.7	8.0	14.0	16.5	2.0	0.5
hergebruik B, onbelucht	12-11-24	5.5	1.1	3.4	3.4	0.0	1.4	0.7	0.0	7.8	0.6	0.5	0.0	1.6	50.9	8.0	16.9	16.7	2.0	0.5
hergebruik C, belucht agrona	12-11-24	5.5	1.1	3.4	3.4	0.0	1.4	0.7	0.0	7.8	0.6	0.5	0.0	1.6	50.9	8.0	16.9	16.7	2.0	0.5

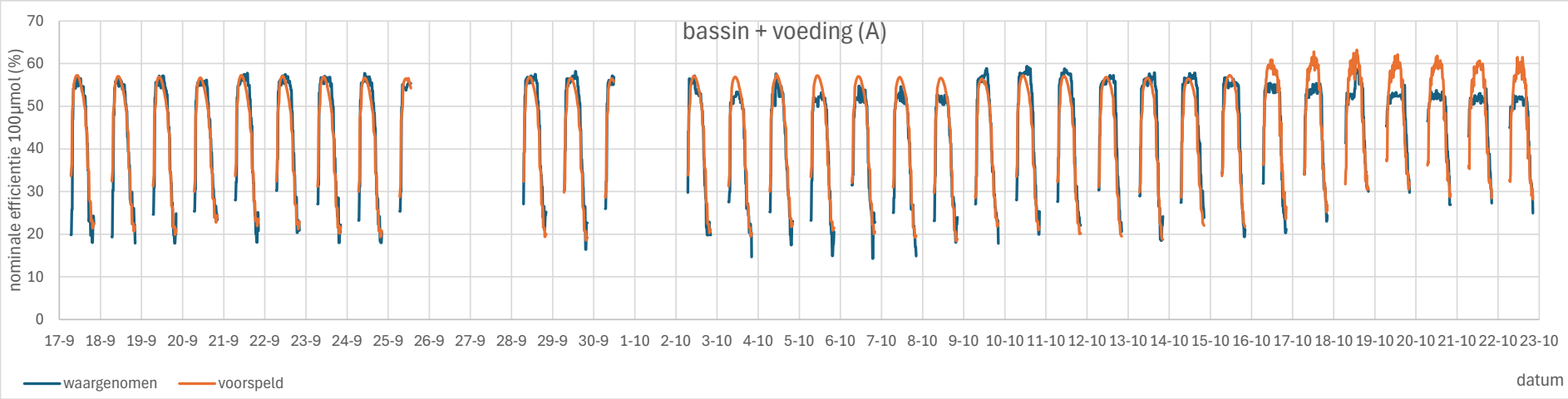
Bijlage 2: Waargenomen en voorspelde nominale efficientie 100 µmol(%)



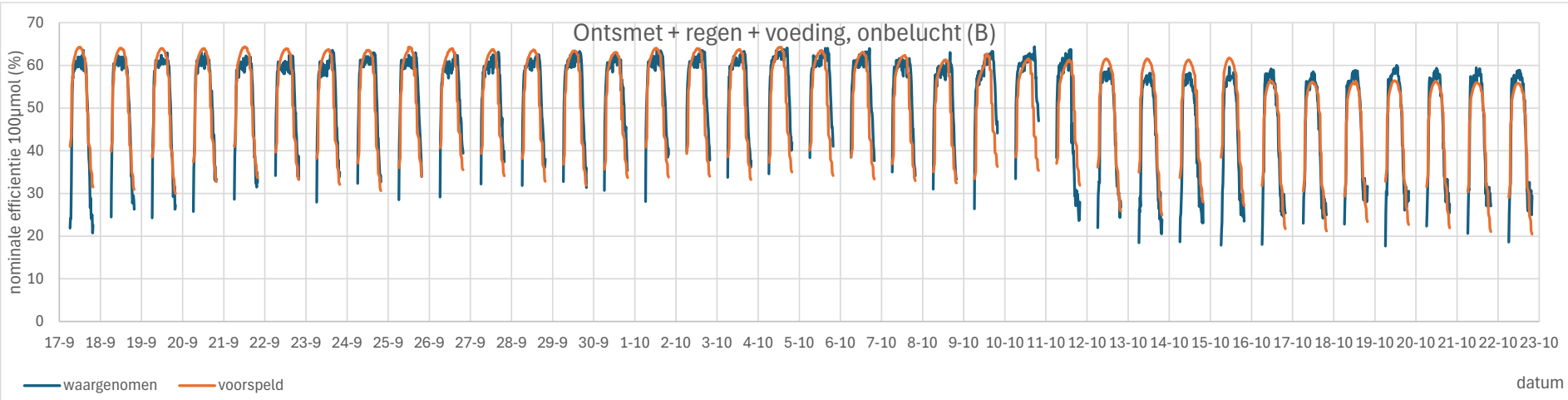
Figuur 36: De waargenomen en voorspelde 100 µmol genormaliseerde fotosynthese efficiëntie(%) van behandeling A van 12 augustus tot en met 16 september.



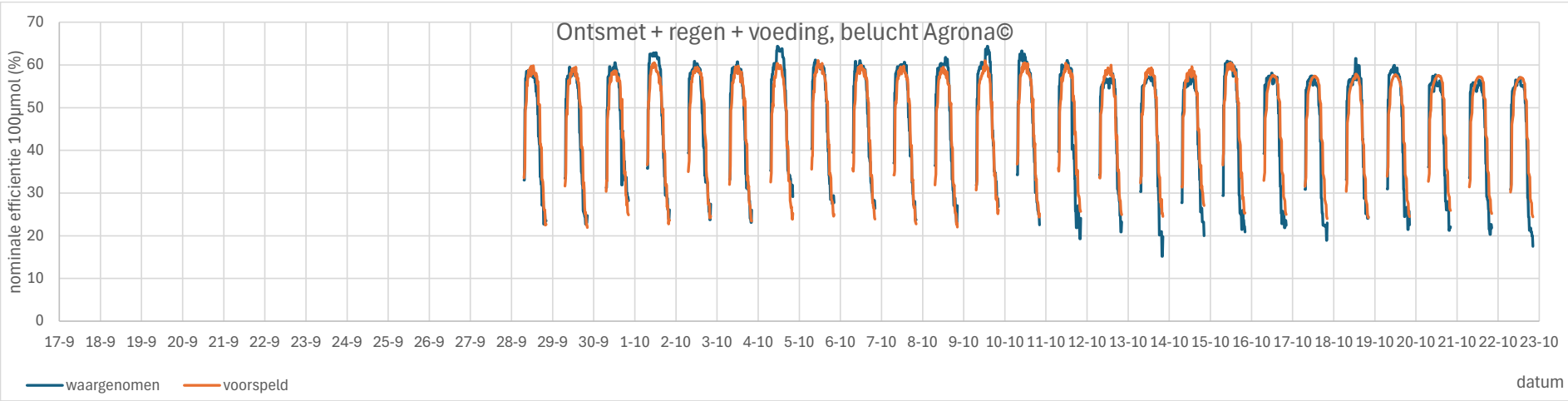
Figuur 37: De waargenomen en voorspelde 100 µmol genormaliseerde fotosynthese efficiëntie(%) van behandeling B van 12 augustus tot en met 16 september.



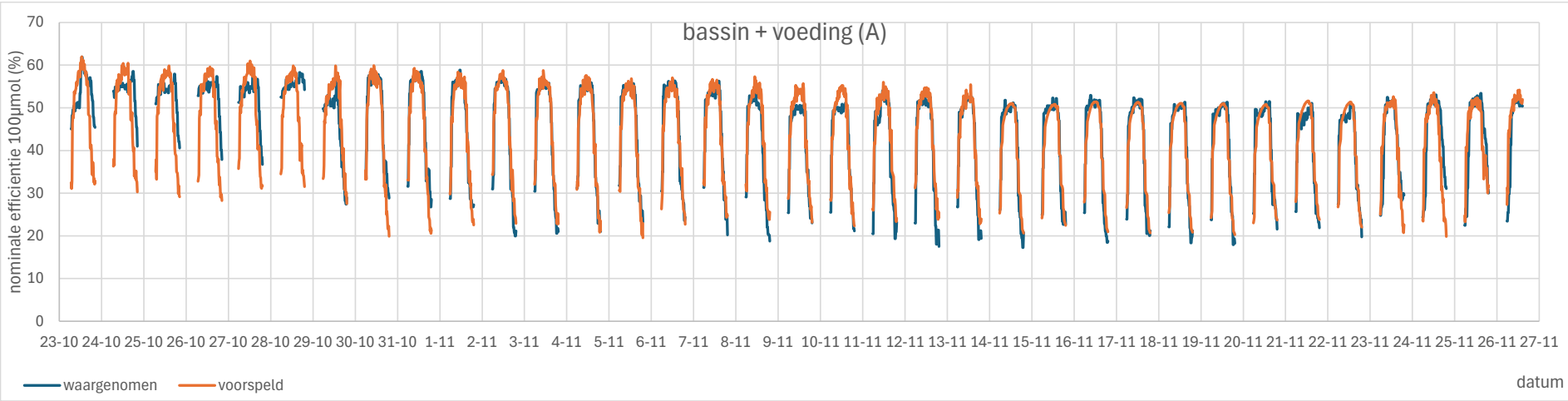
Figuur 38: De waargenomen en voorspelde 100 µmol genormaliseerde fotosynthese efficiëntie(%) van behandeling A van 16 september tot en met 23 oktober.



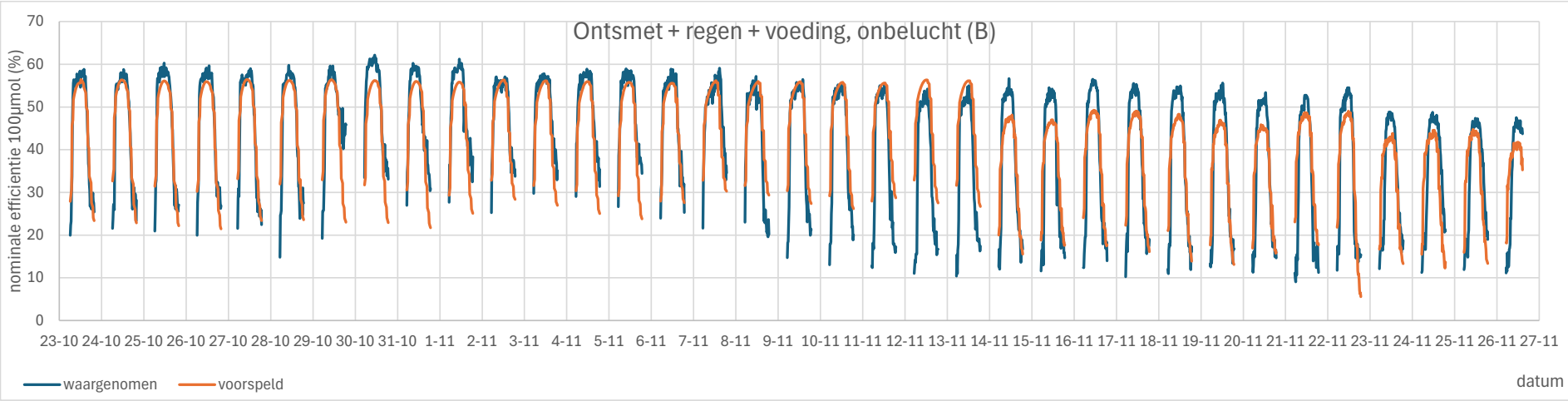
Figuur 39: De waargenomen en voorspelde 100 µmol genormaliseerde fotosynthese efficiëntie(%) van behandeling B van 16 september tot en met 23 oktober.



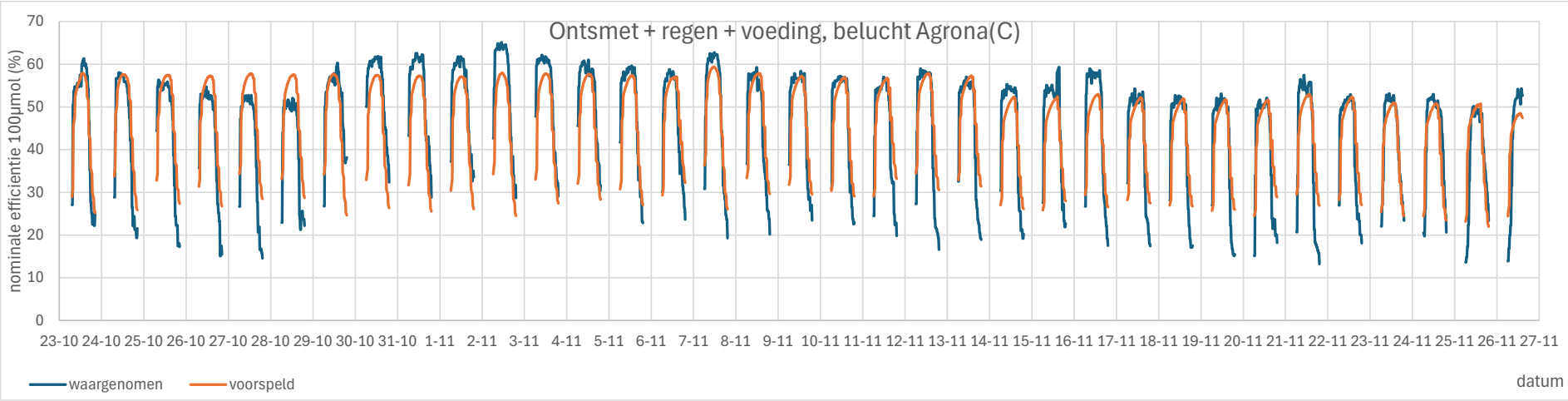
Figuur 40: De waargenomen en voorspelde 100 µmol genormaliseerde fotosynthese efficiëntie(%) van behandeling C van 16 september tot en met 23 oktober.



Figuur 41: De waargenomen en voorspelde 100 µmol genormaliseerde fotosynthese efficiëntie(%) van behandeling A van 23 oktober tot en met 27 november.



Figuur 42: De waargenomen en voorspelde 100 µmol genormaliseerde fotosynthese efficiëntie(%) van behandeling B van 23 oktober tot en met 27 november.



Figuur 43: De waargenomen en voorspelde 100 µmol genormaliseerde fotosynthese efficiëntie(%) van behandeling C van 23 oktober tot en met 27 november.

Bijlage 3: Vragen microbiologie

WV21.254 Grenswaarden Waterkwaliteit Glastuinbouw

<u>Microbiologie vragen:</u>
Is er een relatie tussen sensorendata (waterfase) en de ATP, KG22 en NGS analyses
Hypothese: ATP, KG22 en NGS analyses hebben een relatie met bepaalde sensoren
Deze vraag wordt beantwoord door de analyses van het gietwater te vergelijken met de waterkwaliteitsmetingen van Sendot watermodule
Wat zijn de veranderingen in microbiële populaties in water bij verandering van parameters en/of teeltcondities (bijv. watergift, temperatuur, etc.)?
Hypothese: bepaalde condities beïnvloeden de microbiële populatie in water. De aanwezigheid van organische restproducten in ontsmet drain water beïnvloeden de microbiologische ontwikkeling in het gietwater en wortelmillieu. In de proef wordt de microbiologische samenstelling van voedingsoplossingen met en zonder hergebruik van drainwater vergeleken.
Is het mogelijk aan te geven of er verschuivingen plaats vinden in anaerobe, aerobe bacteriën?
Vergelijking microbiële populatie in water met zuurstofconcentratie (sensoren + experimenten)
Hypothese: als er meer zuurstof aanwezig is vindt er een verschuiving van anaerobe naar aerobe bacteriën plaats. De microbiologische samenstelling in een voedingsoplossing met ontsmet drain water zonder beluchting wordt vergeleken met de microbiologische samenstelling in een voedingsoplossing met ontsmet drain water met beluchting (nanobubbels)
Hoe beïnvloedt de microbiologie in het water de microbiologie in de substraatmatten en planten?
Hypothese: Bepaalde (groepen van) micro-organismen in water gaan ook deel uitmaken van de microbiële gemeenschap in substraatmatten en rhizosfeer en beïnvloeden daarmee ook de plant en opbrengst van de plant. Op voorhand valt op basis van de literatuur niet te voorspellen wat voor micro-organismen dit zullen zijn.
De microbiologische samenstelling van gietwater in substraat blokken wordt vergeleken met de microbiologische samenstelling van het water in de blokken.
Is er een verband tussen de microbiële populatie in water en plantprestatie, hoe goed groeit een plant? Bij een slechte waterkwaliteit functioneert een plant minder goed, na verzwakking kan een plant, indien pathogenen aanwezig zijn, aangetast worden door ziektes. Afname van de functionaliteit van de plant kan, naar verwachting, gemeten worden voordat een plant aangetast wordt door pathogenen.
Zo ja, zijn er specifieke groepen/soorten bacteriën die opkomen/verdwijnen als de functionaliteit van een plant afneemt en vervolgens ziek wordt. Dit zal gemeten worden met de fotosynthese efficiëntie sensor van Sendot, de electropotentiaal sensoren van Vivent en de bladdikte en stengeldikte sensoren van 2Grow. Ter controle zullen ook droog en vers gewichten bepaald worden
Hypothese: Er is een verband tussen de microbiële populatie in de waterfase en de gesteldheid van de plant

CONTROL IN FOOD & FLOWERS

uw partner voor teeltzekerheid!

Het doel van Stichting Control in Food & Flowers (SCFF) is het versterken van de (glas)tuin-, en akkerbouw sector met innovaties en het oplossen van problemen. SCFF doet dit door onderzoek, cursussen, demonstraties en publicatie van resultaten in nationale-, en internationale vakbladen. SCFF onderschrijft de Nederlandse Gedragscode voor Wetenschapsbeoefening. Dit betekent dat het onderzoek onafhankelijk, transparant, controleerbaar, eerlijk, zorgvuldig en onpartijdig is.

Stichting Control in Food & Flowers
Distributieweg 1
2645 EG Delfgauw
T: +31(0)15-2858124
E: info@scff.nl
www.scff.nl
KvK: 61916471