

Fytagoras-rapport

Zone-substraten: een nieuw substraatconcept voor de potplantenteelt

PT projectnummer: 14499

Datum 22-4-2013

Auteur(s) Marco Vennik (Fytagoras), Hans Verhagen (RHP), Rob Baas
(Fytofocus), Bert van Duijn (Fytagoras)

Exemplaarnummer 1

Aantal pagina's 60

Aantal bijlagen 2



Inhoud

SAMENVATTING	4
1 INLEIDING	6
1.1 PROBLEEMSTELLING	6
1.2 BESTAANDE KENNIS, ZOWEL BINNEN ALS BUITEN DE EIGEN ORGANISATIE.	7
2 DOELSTELLING(EN) EN AFBAKENING.....	10
3 EXPERIMENTELE OPZET	11
3.1 CYCLAAM OPZET	12
3.2 MONSTERA OPZET.....	14
4 RESULTATEN	16
4.1 CYCLAMEN TEELT.....	16
4.1.1 Zuurstof.....	16
4.1.2 Vochtgehalte.....	18
4.1.3 Telerbeoordeling.....	23
4.1.4 Wortelbeoordeling.....	23
4.1.5 Plantbeoordeling.....	25
4.2 MONSTERA TEELT	32
4.2.1 Zuurstof.....	32
4.2.2 Vochtgehalte.....	33
4.2.3 Telerbeoordeling.....	37
4.2.4 Wortelbeoordeling.....	37
4.2.5 Plantbeoordeling.....	43
4.3 AIR-ENTRY POINT	46
4.3.1 Cydaam.....	46
4.3.2 Monstera.....	48
5 DISCUSSIE EN CONCLUSIES.....	49
6 VOCHTMETINGEN	51
6.1 VOCHTSENSOREN	51
6.2 IJKING VAN VOCHTSENSOREN	52
6.3 PLAATSTEN VAN VOCHTSENSOREN	54
6.4 CONCLUSIE VOCHTMETING.....	55
7 BIJLAGEN	56
7.1 CYCLAAM.....	56
7.2 MONSTERA	59

Samenvatting

In het project “Zone-substraten: een nieuw substraat-concept voor de potplantenteelt”, werd door Fytagoras, RHP en Fytofocus onderzocht of het aanbrengen van meerdere zones binnen het substraat in de potplantenteelt meerwaarde heeft ten opzichte van de gebruikelijke (enkele zone) substraten. De zones werden gecreëerd door gebruik te maken van verschillende grofheden potgrond op veenbasis en deze als twee lagen, horizontaal of verticaal, in de potten te verwerken. Op deze zone-substraten en op de substraten van de telers zelf werden in een reguliere teelt cyclamen en gatenplanten geteeld.

Bij beide teelten, werden zeer veel meetgegevens verzameld en bleek een zone-substraat in een telersbeoordeling vaak een minstens zo goede, en in enkele gevallen een betere plant, als eindproduct te geven dan bij standaard substraat. Dit is een opvallend resultaat, zeker gezien het feit dat de watergiften op de standaard substraten waren ingericht. Wellicht is er nog meer winst te behalen als de watergift specifiek wordt afgestemd op het zone substraat.

De verkregen meetdata zijn in detail geanalyseerd, waarbij gekeken werd naar effecten van de zone substraten op de plant. Tijdens de teelten van Cyklaam en Monstera werden betere planten verkregen op een fijne onderste helft potgrond en een grovere bovenste helft. Het fijne deel zorgde voor voldoende vochtanvoer, terwijl het grove bovenste deel de kluit luchtig hield. Een bijkomend voordeel bij de Cyclamen teelt is de drogere toplaag die gecreëerd wordt, zodat minder uitval door schimmel ontwikkeling op een (te) nat oppervlak kan worden verwacht ten opzichte van regulier substraat.

Een grove onderste substraat helft, met een fijne bovenste helft werkte alleen bij Monstera redelijk goed. Dit kwam doordat bij Cyklaam de verdamping zo hoog lag dat het grove substraat niet genoeg vocht kon leveren. Bij een geheel grof substraat werden bij beide gewassen nutriënt gebreken waargenomen, die waarschijnlijk te maken hadden met matig ingroeien in het grove substraat vanaf stek/jong plantje.

Het onderzoek liet zien dat het “air entry point” een belangrijk is om mee te nemen in substraat analyses. Dit punt beschrijft bij welke vochtpercentages er zuurstof tekorten verwacht kunnen worden. In de experimenten met Monstera en Cyklaam lag het “air entry point” rond de 82% vocht, ofwel 18% lucht gevulde poriën.

Daarnaast heeft het project procolomschrijvingen opgeleverd voor het uitvoeren en interpreteren van substraat vochtgehaltemetingen. Deze zijn als handleiding in het rapport opgenomen.

De kennis die uit het project voortkomt, moet de teler in de toekomst in staat stellen een meer flexibel substraat te realiseren met bredere marges waarbinnen de teler kan opereren. Binnen het project werden realisatie

mogelijkheden van zone-substraten met een oppotmachine beoordeeld door de BCO. Mits er genoeg draagvlak is, is de technische uitvoering van het aanleggen van zone substraten goed te realiseren.

1 Inleiding

1.1 Probleemstelling

In de potplantenteelt is de watergift (veelal op eb/vloed systemen) een belangrijk aandachtspunt. Naast de gewasontwikkeling, rasverschillen en klimaatafhankelijke verschillen in verdamping, treden in de loop van de teelt ook nog eens veranderingen op in substraateigenschappen (door beworteling, afbraak en zetting) die aanpassingen in watergift vereisen. Door deze dynamiek in vooral de vochtthuishouding van het substraat ontstaan er gedurende de teelt perioden en plaatse(n) waarbij suboptimale omstandigheden (met betrekking tot water, nutriënten en gasuitwisseling) in het wortelmilieu optreden, met verlies van groeisnelheid, kwaliteit, en toenemende ziektegevoeligheid tot gevolg. Zo kan kwaliteitsverlies ontstaan tijdens de bloeiperiode ten gevolge van watergebrek, grote economische gevolgen hebben.

De aanwezigheid van slechts één type substraat in de pot zorgt ervoor dat de marges waarbinnen de teler moet werken smal zijn. Momenteel zijn er onvoldoende mogelijkheden in substraten en in meet- en regeltechniek om de vochtvoorziening voor de verschillende teeltfasen en gewassen en rassen te optimaliseren.

Naast het toepassen van zone-substraten is een goede meting en interpretatie van het vochtgehalte en de verdeling daarvan in de pot essentieel. Er zijn nog veel vragen in de sector rond watergehalte metingen; waar en hoe moeten de sensoren worden geplaatst?, hoeveel sensoren zijn er nodig per pot en bij hoeveel potten?, wat vertellen de meetwaarden over vocht en de gasuitwisseling?, zijn de metingen afhankelijk van het type substraat? In dit project zullen ook deze kwesties worden aangepakt. De voorgestelde experimenten bieden een uitgelezen setting om uitgekende protocollen voor watergehalte metingen (ook in complexe situaties) te testen, te optimaliseren en de resultaten te interpreteren.

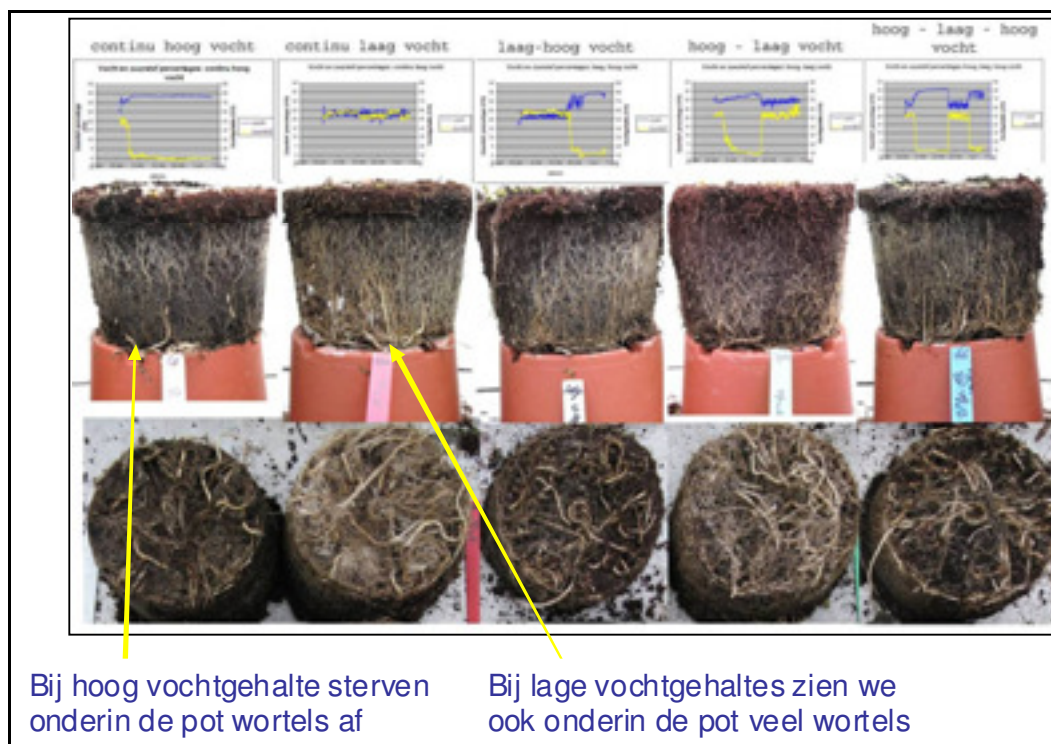
De aanwezigheid van slechts één type substraat in de pot zorgt ervoor dat de marges waarbinnen de teler moet werken smal zijn. Momenteel zijn er onvoldoende mogelijkheden in substraten en in meet- en regeltechniek om de vochtvoorziening voor de verschillende teeltfasen en gewassen en rassen te optimaliseren.

Naast het toepassen van zone-substraten is een goede meting en interpretatie van het vochtgehalte en de verdeling daarvan in de pot essentieel. Er zijn nog veel vragen in de sector rond watergehalte metingen; waar en hoe moeten de sensoren worden geplaatst?, hoeveel sensoren zijn er nodig per pot en bij hoeveel potten?, wat vertellen de meetwaarden over vocht en de gasuitwisseling?, zijn de metingen afhankelijk van het type substraat? In dit project zullen ook deze kwesties worden aangepakt. De voorgestelde experimenten bieden een uitgelezen setting om uitgekende protocollen voor

watergehalte metingen (ook in complexe situaties) te testen, te optimaliseren en de resultaten te interpreteren.

1.2 Bestaande kennis, zowel binnen als buiten de eigen organisatie.

De resultaten van het PT project 13785 "Wortelfunctionaliteit" laten zien dat wortels onder suboptimale omstandigheden (b.v. te natte zuurstofloze omstandigheden onder in de pot of droge plekken in het substraat), de voor wortelgroei meest gunstige zones/substraat in de pot opzoeken (adaptatie of aanpassing). Hierbij kan de plant doorgroeien en ontwikkelen, en kunnen bij verbetering van de situatie de niet actieve substraatzones toch weer functioneel worden. Door het toepassen van zogenaamde zone-substraten – waarbij een 2-tal substraten horizontaal of verticaal in de pot zijn aangebracht – is de beschikbaarheid van meer gunstige bewortelingsomstandigheden vergroot.



Figuur 1. Bij verschillende omstandigheden in het substraat, bijvoorbeeld door natte en droge perioden, hoog en laag zuurstof met elkaar af te wisselen, zoeken de wortels de meest gunstige zones in de pot (hoog of laag) afhankelijk van de lokale omstandigheden.



Figuur 2. In een pot met verticale splitsing tussen twee verschillende substraat-typen vormt de plant verschillende worteltypen.

Horizontale zone-substraten zullen vooral gericht zijn op het voorkomen van te natte omstandigheden (zuurstofgebrek) onder in de pot. Deze omstandigheden kunnen zich voordoen indien de porositeit afneemt gedurende de teelt als gevolg van wortelgroei en/of afbraak van organisch materiaal. Vooral bij eb/vloed teelten kunnen op deze manier te natte omstandigheden voorkomen. Horizontale zone-substraten hebben als doel een hoger luchtgehalte onder in de pot, waardoor vaker een vloedbeurt gegeven kan worden zonder nadelige gevolgen van zuurstofgebrek. Dit zal de uniformiteit in vochtgehalten en daarmee groei ten goede komen.

Verticale zone-substraten zullen vooral meerwaarde hebben als er variatie is in verdamping in plaats of in tijd: b.v. bij potten die binnen een kraanvak staan maar toch verschillen in verdamping door bijvoorbeeld plant-grootte verschillen. De planten met een hogere verdamping kunnen dan profiteren van de hogere vochtbuffer in het meer vochtvasthoudende substraat. Ook in de weggroeifase kan een verticale differentiatie voordelig zijn door een hogere beschikbaarheid in het nattere substraat.

Potentiële **voordelen** van zone-substraten in de potplantenteelt zijn dus

- Altijd juiste substraat-type aanwezig onafhankelijk van ontwikkelingsstadium, plantgrootte en omgevingsfactoren.
- Automatische correctie voor heterogeniteit in locatie-gebonden omstandigheden (bijvoorbeeld natte en droge plekken op tafels of vloer)
- Beter herstellvermogen wortelfunctionaliteit na stress en/of calamiteiten.
- De watergift zal minder kritisch kunnen worden.
- Betere groei, kwaliteit en uniformiteit gewas

Horizontale verschillen in substraatsamenstelling zijn tot op heden slechts beperkt onderzocht. Bij **steenwol** is een mat ontwikkeld waarbij een lager vochtgehalte in de onderste zone wordt gerealiseerd. Volgens de producent en telers geeft dit betere stuurmogelijkheden op het gebied van watermanagement onder meer omdat grotere druppelbeurten niet meer het gevaar op te natte omstandigheden levert (onder Glas 2004- 4: 28-29). Bij roos is in het verleden onderzoek gedaan met een systeem van **kokosgruis** boven op **klei**korrels. Uit de proeven bleek dat er geen goede aansluiting was tussen beide substraten: het kokosgruis bleef daardoor veel te nat. Voor potplanten met veensubstraten is een systeem van zone-substraten volgens onze informatie nog niet getoetst c.q. beschreven. Uiteraard is het principe van mengen van diverse fracties bekend, maar dit is uiteindelijk niet de oplossing voor de in paragraaf 1.1 beschreven problemen, omdat een mengsel per definitie een compromis is.

2 Doelstelling(en) en afbakening

Doelstelling van het project is de potentiële meerwaarde van zone-substraten in vergelijking met gangbare substraten te onderzoeken met betrekking tot groeisnelheid, uniformiteit en kwaliteit van potplanten. Omdat het een “proof of principle” betreft is het project uitgevoerd bij 1 type watergiftsysteem (eb/vloed) en 2 soorten potplanten (cyclamen en Monstera) die variëren in potmaat en teeltduur. De verticale en horizontale zone-substraten bestaan uit 2 mengsels per pot. Naast bepaling van de gewaseffecten zijn aan de hand van vochtgehalte metingen adviezen t.a.v. gebruik van vochtsensoren ontwikkeld.

3 Experim entele opzet

Op een 2-tal praktijkbedrijven werden verschillende zone-substraten en controle substraten getoetst onder praktijkom standigheden. Jong plant materiaal werd op de potten gezet. Per substraatconditie werden voldoende potten geplaatst om conclusiëste kunnen trekken. De potten zijn allen via eb-vloed voorzien van water volgens het watergeefschema van de omringende teelt.

De planten zijn in de loop van de teelt gevolgd en relevante parameters in het wortelmilieu zijn (continu en/of regelmatig) gemeten in de potten op verschillende posities in de pot. De volgende metingen zij van belang:

- Homogeniteit van het gewas
- Gewasroei tijdensde teelt.
- Uitval tijdens de teelt en optreden ziekte en schade.
- Beworteling en kwaliteit van het wortelstelsel.
- Verandering in fysische eigenschappen (o.a. inklink) van het substraat tijdens de teelt en bij de eindbeoordeling.
- Gewas- en substraatanalyæ (om groeiverschillen mede te verklaren)
- De belangrijkste substraatgebonden parameters (vochtgehalte, O₂) tijdens de teelt op verschillende posities in de potten.

De resultaten van de vochtgehalte metingen worden gebruikt voor het vaststellen van een vochtgehalte meetprotocol voor potten en een vochtgehalte meting interpretatierichtlijn

De eindresultaten zijn geëvalueerd op praktische toepasbaarheid van het gebruik van zone-substraten en eventuele aandachts-/verbetepunten.

3.1 Cycloam opzet

Bij cycloam werden per substraattype 60 potten (11 cm ø bovenin) gevuld. In totaal zijn 10 type (zone)substraten getoetst in 600 potten. Onderstaande tabel geeft de gekozen substraat variaties weer.

Tabel 1. Substraat variaties zoals gebruikt in de cycloam proef.

substraat variaties:	Zone verdeling
1 standaard (st)	-
2 fijn (-L)	-
3 grof (+L)	-
4 standaard/grof	horizontaal
5 grof/standaard	horizontaal
6 fijn/grof	horizontaal
7 grof/fijn	horizontaal
8 grof/standaard	verticaal
9 grof binnen fijn buiten	verticaal
10 fijn binnen grof buiten	verticaal

In een aantal potten werden vochtsensoren (vochtmeting; Decagon EC-5) en zuurstof sensoren (Fyttagoras O₂ fluorescentie sensoren) aangebracht op verschillende posities (25% en 75% vanaf de bovenrand van de pot).

In totaal werden 35 WET sensoren en 40 zuurstof sensoren geplaatst in het experiment. De onderstaande foto's illustreren de plaatsing van de sensoren in zowel de horizontale als de verticale zone substraten.

In de teelt zijn twee fasen onderscheiden: opgroei (periode 30 mei- 30 juni) en afkweek (30 juni-21 augustus).

Beoordeling van de planten heeft plaatsgevonden na afloop van de teeltperiode. Naast de kwantitatieve beoordelingen van de plant (bovengrondse delen en wortel beoordelingen) is een visuele beoordeling op plantkwaliteit uitgevoerd door de teler.



Figuur 3. Plaatsing van de WET sensoren (zwarte stekers) en de zuurstof sensoren (optische fibers) in de cydamen potten. Foto links plaatsing in een horizontaal zone-substraat en foto rechts plaatsing in een verticaal zone-substraat.

De planten zijn willekeurig binnen een eb en vloed tafel geplaatst, in de normale teelt bij Ten Have. Onderstaande foto toont de plaatsing van de planten.



Figuur 4. Willekeurige plaatsing van de planten met verschillende (zone-) substraten in de normale teelt.

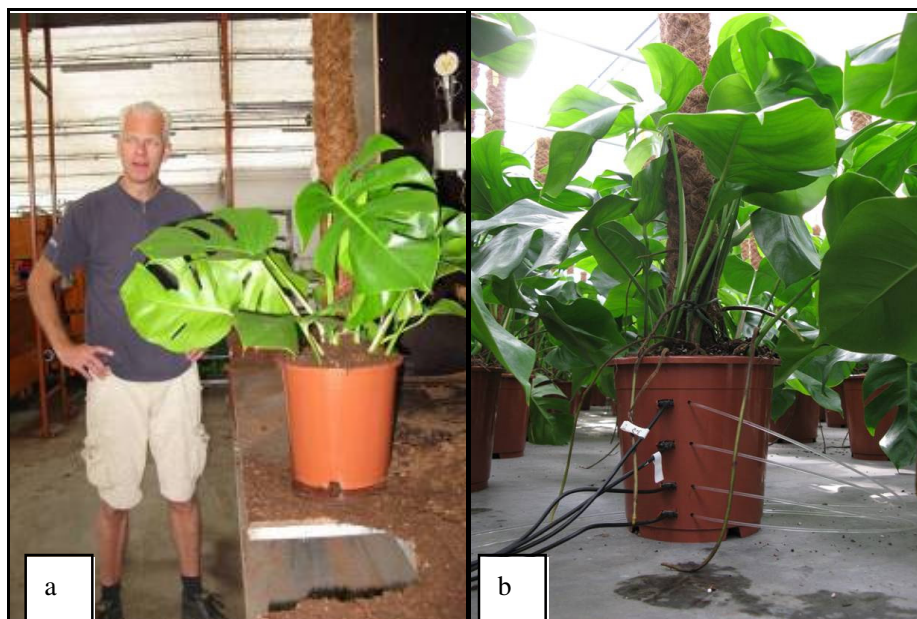
3.2 Monstera opzet

Bij Monstera werden 18 potten (24 cm ø bovenin) per substraattypen gewuld. Het substraat bestond uit potgrond op basis van veen met toevoegingen zoals perliet en kokos. In totaal werden er vier substraat variaties getest. Totaal werden dus 72 potten gebruikt. Zie onderstaande tabel voor de gekozen substraat variaties.

Tabel 1. Substraat variaties zoals gebruikt in de monstera proef.

substraat variatie:	type substraat	Zone verdeling	label kleur
1	Standaard teler	-	oranje
2	Grof	-	geel
3	Fijn boven/Grof onder	horizontaal	wit
4	Grof boven/Fijn onder	horizontaal	paars

Er werden 16 planten (*Monstera pertusum*) per substraat conditie gebruikt voor versgewicht, hoogte, bladoppervlaken andere bepalingen (zie resultaten). Er gingen vier stekken en een mosstok in een pot (zie Figuur 5a). De opgepote stekken werden voor 6 weken in een 100% vochtige ruimte gebracht voor de initiële beworteling. In deze periode werden geen sensoren geplaatst. Na de zes weken beworteling werden de planten in de kas geplaatst op betonvloer met eb en vloed en werden de sensoren aangebracht.



Figuur 5. Net opgepote Monstera Pertusum naast John Persoon (a) en aangebrachte sensoren (b).

In twee potten per substraat conditie werd op vier hoogtes per pot zuurstof en vocht gemeten (zie Figuur 5b) In totaal werden er 35 vocht en 35 zuurstof sensoren geplaatst.



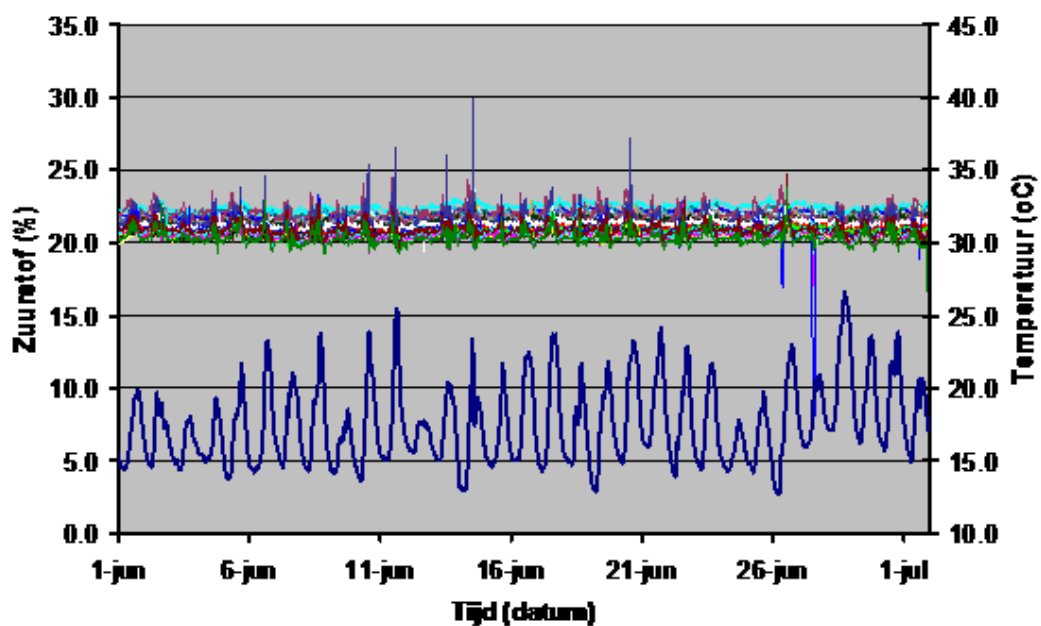
Figuur 6. *Monstera pertusa* in de kas.

4 Resultaten

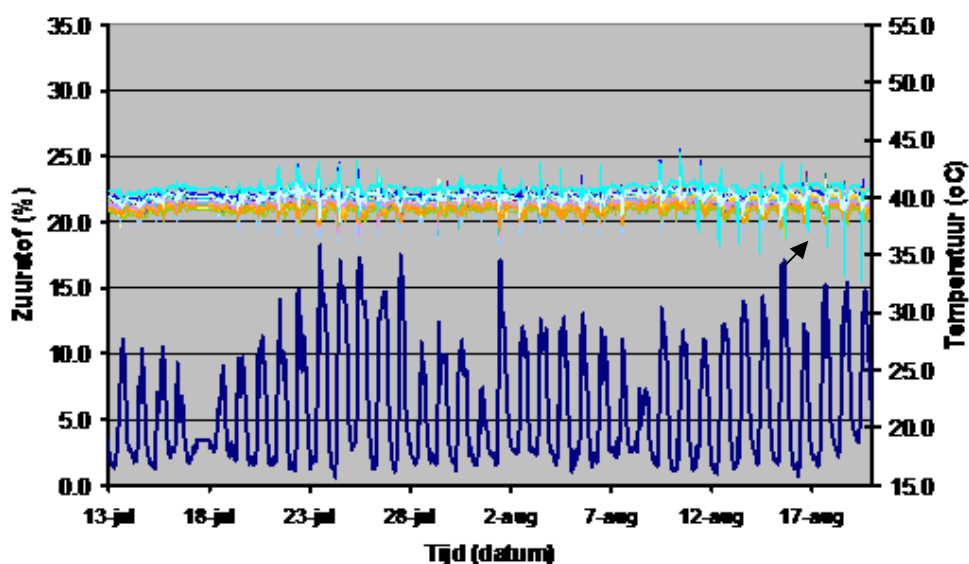
4.1 Cyclamen teelt

4.1.1 Zuurstof

Zowel tijdens de opgroei als tijdens de afkweek is het zuurstof gehalte in het substraat gemeten bij de verschillende (zone-)substraten. Figuur 7 laat het zuurstof niveau en de temperatuur in de verschillende substraten zien tijdens de opgroei .

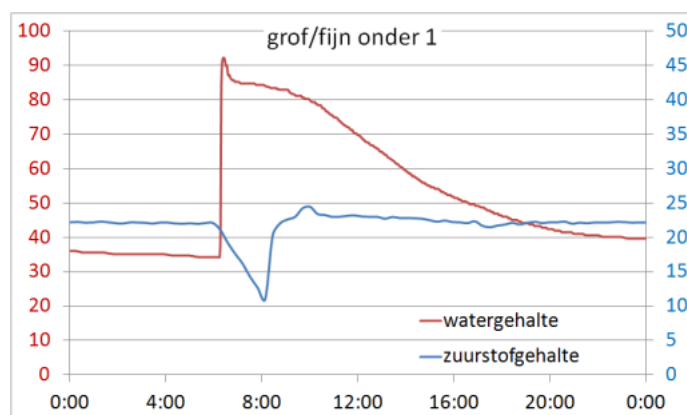


Figuur 7. Zuurstofgehalte in het substraat voor de verschillende typen substraten tijdens de opgroei (dunne gekleurde lijnen), en de temperatuur in het substraat (dikke donker blauwe lijn).



Figuur 8. Zuurstof gehalte in het substraat voor de verschillende typen substraten tijdens de afkweek (dunne gekleurde lijnen), en de temperatuur in het substraat (dikke donkerblauwe lijn). Lichte zuurstof dalingen werden waargenomen tegen het eind van de teelt (zie zwarte pijltje).

In Figuur 8 zijn zuurstofgehalten en temperatuur in het substraat tijdens de afkweek weergegeven. Aangezien er geen sterke afname in zuurstof is gemeten in het substraat kan geconcludeerd worden dat zowel bij de opgroei als bij de afkweek geen problematische zuurstof tekorten opgetreden zijn tijdens deze teelt bij alle getoetste (zone-)substraten. Wel werden er lichte zuurstof dalingen waargenomen tegen het eind van de teelt onderin fijn substraat (zie Figuur 9).

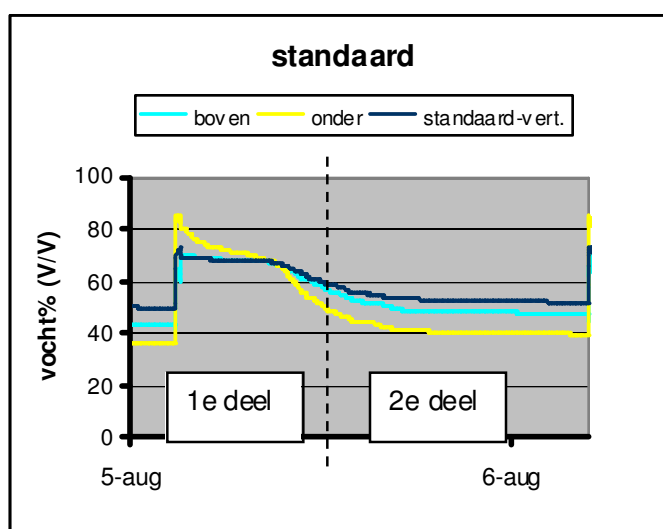


Figuur 9. Zuurstof afname na watergift in fijn substraat onderin de pot.

4.1.2 Vochtgehalte

Het vochtgehalte in de potten met de verschillende (zone-)substraten is bestudeerd op dag niveau (verloop van vochtgehalte in de potten na een watergiftbeurt). De vochtsensoren zijn over het algemeen horizontaal aangebracht in de potten (zie ook speciale sectie over watergehalte metingen). In enkele gevallen zijn ook ter vergelijking vertikaal ingestoken vochtsensoren aangebracht.

In figuur Figuur 10 is het vochtgehalte in een pot met standaard substraat weergegeven gedurende 24 uur. Zowel het vochtgehalte boven in de pot (25% van de rand) als onder in de pot (75% van de rand) zijn weergegeven. Daarnaast is het resultaat van een vertikaal ingestoken vochtsensor weergegeven.



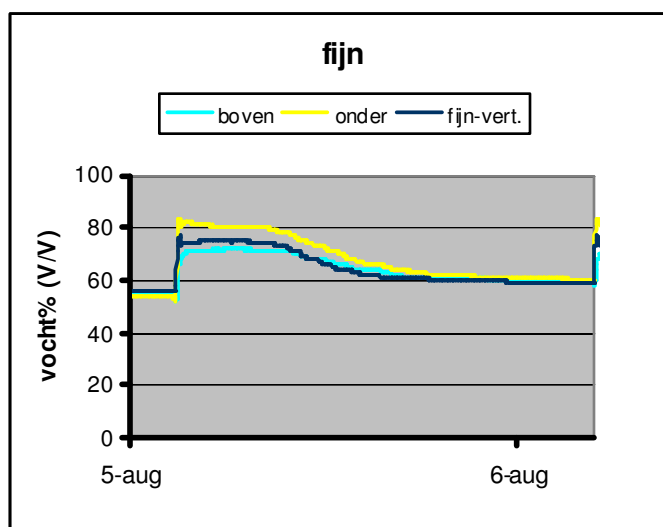
Figuur 10. Vochtgehalte gedurende 24 uur in pot met standaard substraat. Gele lijn geeft vochtgehalte onder in de pot en de blauwe lijn het vochtgehalte boven in de pot. De donkerblauwe lijn geeft de meting met een vertikaal ingestoken vochtsensor. In het 1^e en 2^e deel van de vochtprofielen wordt water met verschillende snelheden opgenomen in het onderste en bovenste deel van het substraat (zie uitleg in tekst).

De variatie in vochtgehalte onder in het substraat was groter dan boven in het substraat. Bij een verticaal ingestoken sensor komt deze variatie veel minder naar voren. Voor een watergift, en een dag na watergift was het vochtgehalte onder 50% in dit grove substraat. Naast het standaard substraat is gebruik gemaakt van een fijn en een grof substraat. Figuur 11 en Figuur 12 geven de vochtprofielen over 24 uur weer voor zowel het fijne als het grove substraat in een vergelijkbare meetconfiguratie als in Figuur 10.

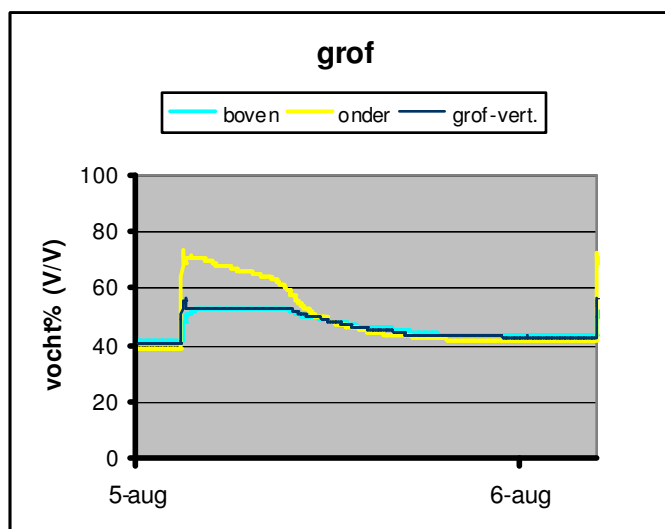
De vochtprofielen (zie Figuur 10 als voorbeeld) laten duidelijk zien dat de planten in eerste instantie vooral water opnemen daar waar het watergehalte het hoogst is. Dit is onder in de pot. Een deel van dit water is door de geringer drukhoogte minder sterk gebonden aan de potgrond dan in de laag er boven.

In het tweede deel van de vochtprofielen is de opname boven- en onderin het substraat veelal vergelijkbaar; de lijnen lopen dan meer parallel. De plant heeft dan een situatie bereikt waarin het water overal even sterk is gebonden. Vanaf dat moment wordt het water overal in gelijke mate onttrokken.

Daar waar een fijner substraat als onderlaag is gekozen, zijn de watergehaltes tijdelijk rond 80%, hetgeen tijdelijk wel leidde tot daling van het zuurstofgehalte (zie Figuur 9). Deze situaties deden zich niet voor daar waar grove substraten als onderlaag waren gekozen. Als een situatie van een hoog watergehalte te lang aanhoudt, dan kan dit leiden naar zuurstofgebrek en daardoor tot wortelafsterving.



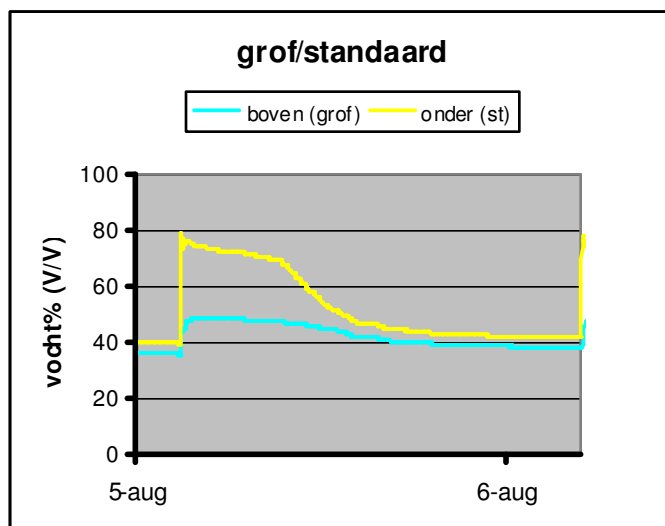
Figuur 11. Vochtgehalte gedurende 24 uur in pot met fijn substraat. Gele lijn geeft vochtgehalte onder in de pot en de blauwe lijn het vochtgehalte boven in de pot. De donkerblauwe lijn geeft de meting met een vertikaal ingestoken vochtsensor.



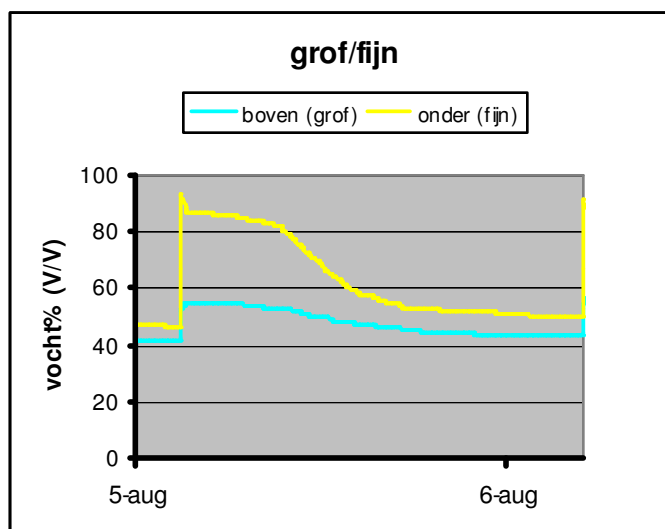
Figuur 12. Vochtgehalte gedurende 24 uur in pot met grof substraat. Gele lijn geeft vochtgehalte onder in de pot en de blauwe lijn het vochtgehalte boven in de pot. De donkerblauwe lijn geeft de meting met een vertikaal ingestoken vochtsensor.

De variatie in vochtgehalte in het fijne substraat was geringer dan in het grove substraat, en het vochtgehalte voor en 1 dag na watergift was rond de 60%.

De in het experiment gebruikte zone-substraten zijn samengesteld uit standaard substraat, fijn substraat en grof substraat. Figuur 13 - Figuur 16 geven de vochtgehalten gedurende 24 uur in de verschillende horizontale zone-substraten.

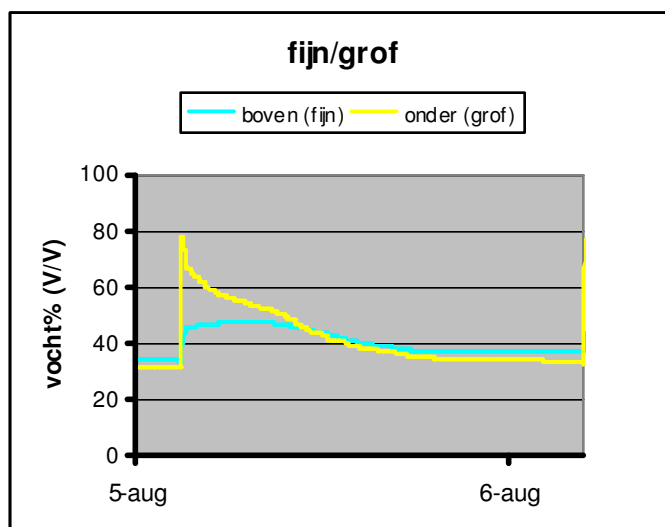


Figuur 13. Vochtgehalte gedurende 24 uur in pot met zone substraat met grof substraat boven en standaard substraat onder. Gele lijn geeft vochtgehalte onder in de pot en de blauwe lijn het vochtgehalte boven in de pot.

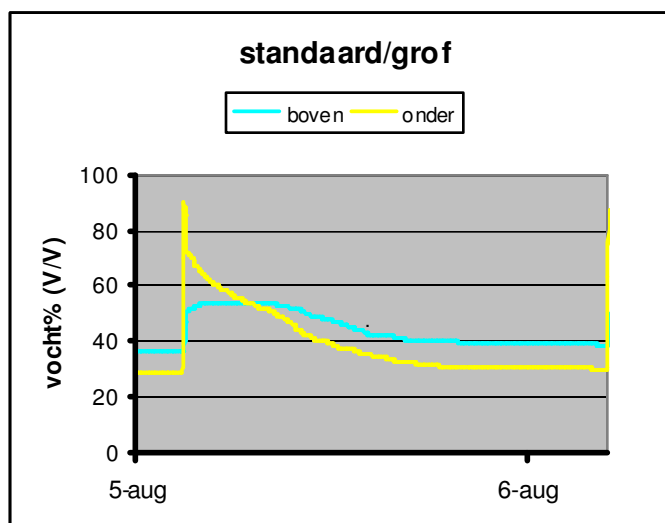


Figuur 14. Vochtgehalte gedurende 24 uur in pot met zone substraat met grof substraat boven en fijn substraat onder. Gele lijn geeft vochtgehalte onder in de pot en de blauwe lijn het vochtgehalte boven in de pot.

Een bijkomend voordeel voor de Cyclamen teelt, is dat met een grove bovenste substraat helft er minder uitval zal zijn in vochtige jaren, waarbij oude blaadjes onderin het gewas op een (normaal met standaard substraat) natte bovenlaag van het substraat komen en gaan rotten, waardoor schimmels de plant binnen kunnen dringen.

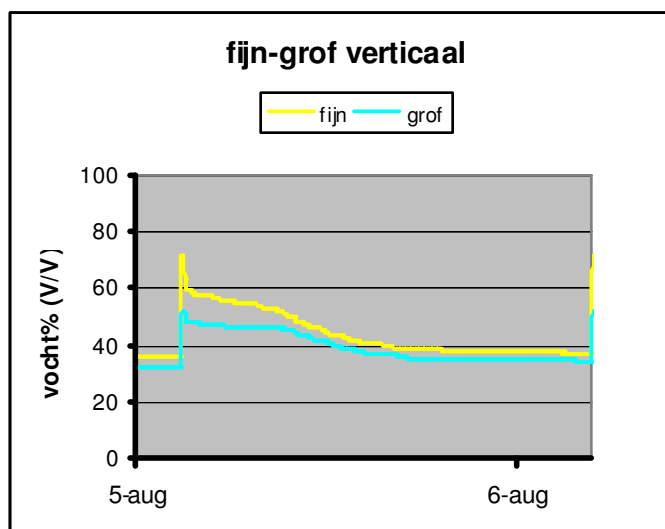


Figuur 15. Vochtgehalte gedurende 24 uur in pot met zone substraat met fijn substraat boven en grof substraat onder. Gele lijn geeft vochtgehalte onder in de pot en de blauwe lijn het vochtgehalte boven in de pot.



Figuur 16. Vochtgehalte gedurende 24 uur in pot met zone substraat met standaard substraat boven en grof substraat onder. Gele lijn geeft vochtgehalte onder in de pot en de blauwe lijn het vochtgehalte boven in de pot.

Naast de horizontale zone-substraten zijn een verticaal zone-substraat gebruikt: fijn-grof. Figuur 17 geeft het vochtgehalte in de fijne en grove sectie van het verticale zone-substraat.

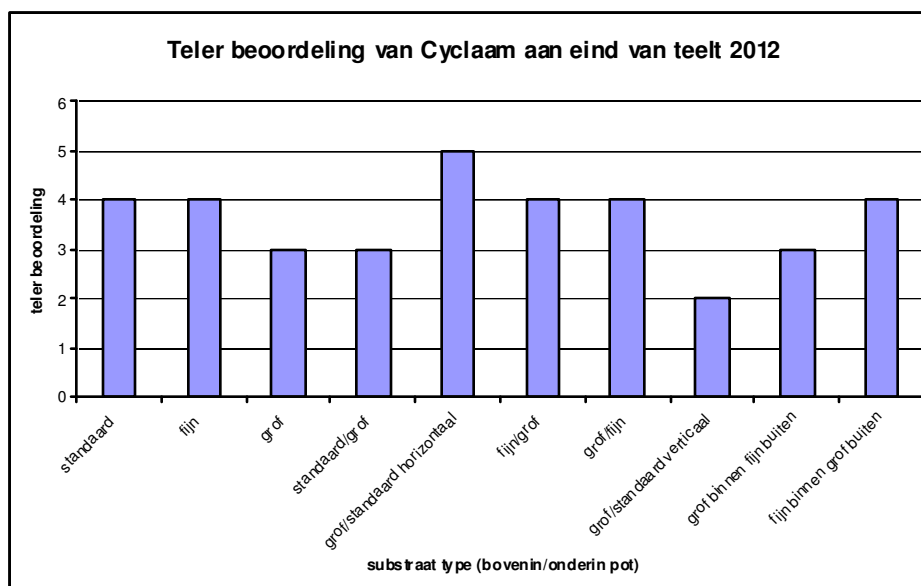


Figuur 17. Vochtgehalte gedurende 24 uur in pot met verticaal zone substraat met fijn en grof substraat. Gele lijn geeft vochtgehalte in het fijne substraat en de blauwe lijn het vochtgehalte in het grove substraat.

Na afloop van de afkweek periode zijn de planten op verschillende manieren beoordeeld.

4.1.3 Telerbeoordeling

Figuur 18 laat de beoordeling van de planten door de teler zien voor de verschillende (zone-) substraten. In de telerbeoordeling werden de planten geteeld op het zone-substraat: standaard onder-grof boven als beste beoordeeld (en beter dan het standaard substraat van de teler).



Figuur 18. Telerbeoordeling van de planten op de verschillende (zone-)substraten.

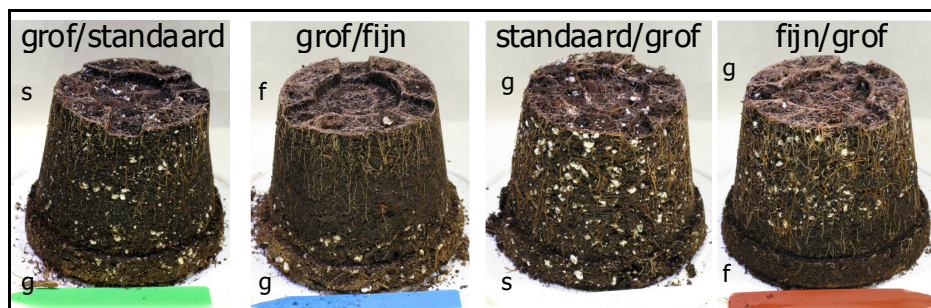
4.1.4 Wortelbeoordeling

Figuur 19 laat een overzicht zien van de wortels in de verschillende gebruikte substraten: standaard, fijn en grof.



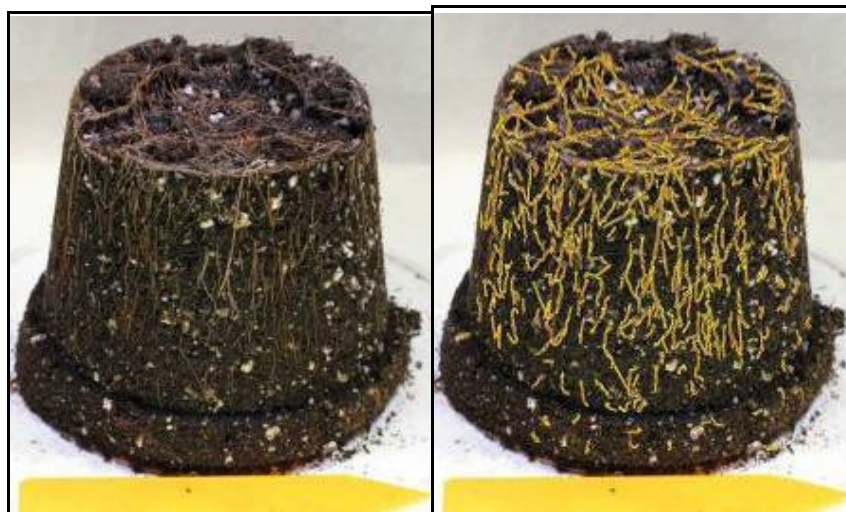
Figuur 19. Wortelkultuur aan het eind van de teeltperiode voor de verschillende gebruikte substraten.

In Figuur 20 is de wortelkuit zichtbaar voor de verschillende gebruikte zone-substraten.

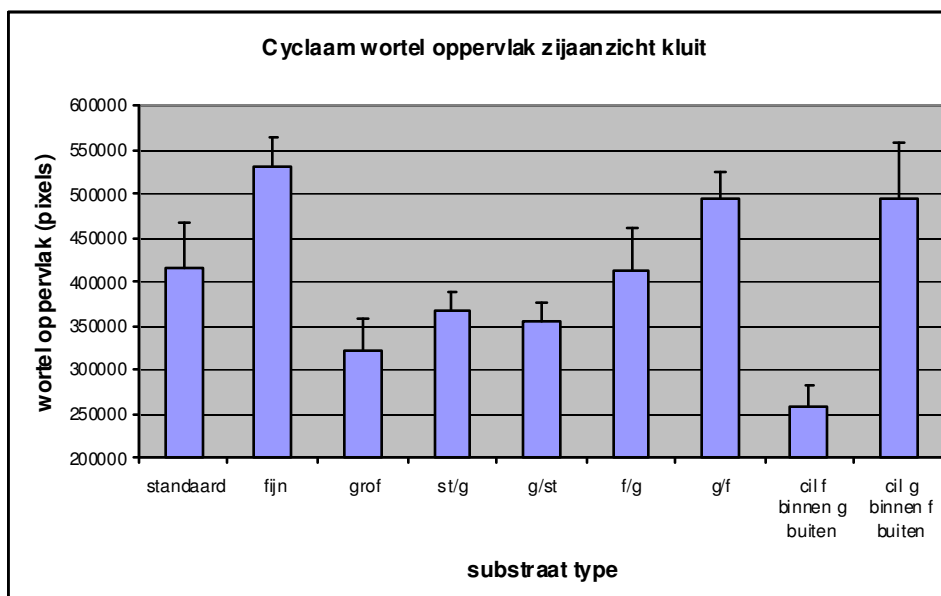


Figuur 20. Wortelkuit aan het eind van de teeltperiode voor de verschillende gebruikte zone-substraten.

De wortelkuiten bij de verschillende (zone-) substraten zijn ook met behulp van beeldanalyse kwantitatief beoordeeld op de hoeveelheid wortels. Figuur 21 geeft een voorbeeld van een dergelijke analyse. In Figuur 22 zijn de worteloppervlakten aan de buitenkant van de kuit in een grafiek weergegeven voor de verschillende (zone-) substraten.



Figuur 21. Wortelkuit (links) met de daarbij behorende beeldanalyse van het wortelstelsel. Op deze wijze is de hoeveelheid wortels aan de buitenkant van de kuit gekwantificeerd.



Figuur 22. Oppervlakte van het wortelstel op de kluit voor de verschillende substraat typen. Gemiddelde waarden over alle kluiten is weergegeven.

Uit Figuur 22 blijkt duidelijk dat het worteloppervlak op de kluit voor fijn substraat het grootste is, gevolgd door standaard en grof. In de zone-substraten geeft de aanwezigheid van fijn substraat ook de meeste wortels, vooral als het fijne substraat onderin de pot zit. Opmerkelijk is dat in de combinatie standaard-grof er geen verschil is tussen grof boven en grof onder in de pot.

4.1.5 Plantbeoordeling

Alle planten in het experiment zijn fotografisch vast gelegd en door middel van beeld analyse gekwantificeerd op verschillende oppervlakte en grootte parameters. In Figuur 23a en Figuur 23b zijn voorbeelden gegeven van dergelijke foto's. In dit geval de planten met de beste telerbeoordeling en met de slechtste telerbeoordeling.

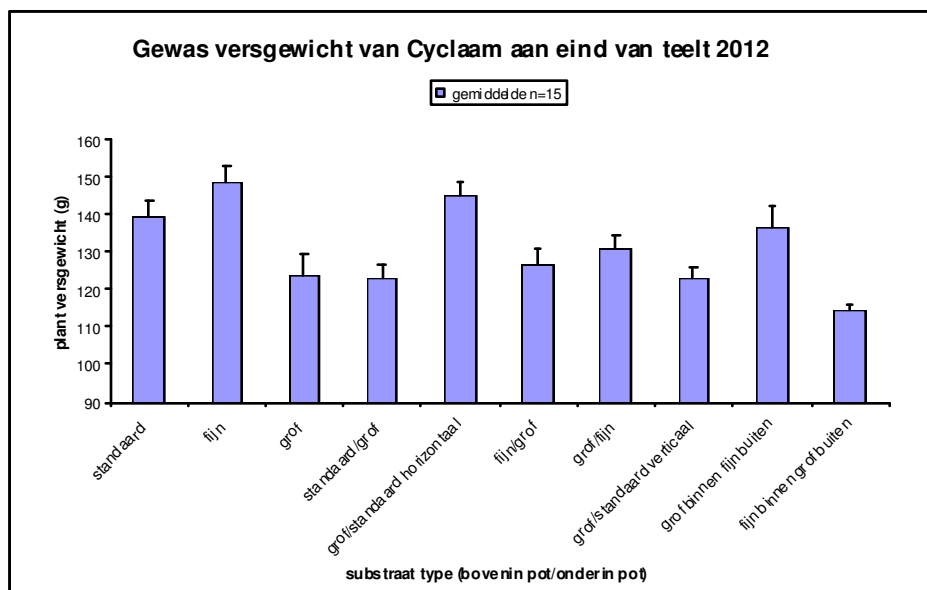
Beste beoordeling van teler

Slechtste beoordeling van teler

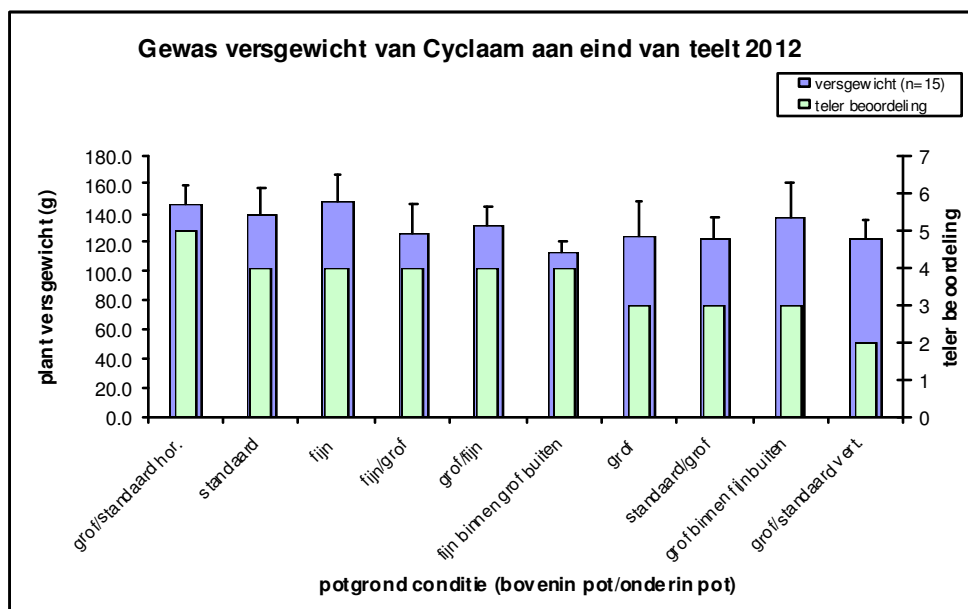


Figuur 23. Foto's van de planten met **a)** de beste telerbeoordeling horizontaal (zone substraat met grof substraat boven en standaard substraat onder in de pot) en **b)** de slechtste telerbeoordeling (zone substraat met grof substraat links en standaard substraat rechts in de pot).

Van alle planten in het experiment is het versgewicht van de bovengrondse delen bepaald. In Figuur 24 is het versgewicht van de planten op de verschillende (zone-)substraten weergegeven. Het grootste versgewicht werd bereikt bij planten op fijn substraat en planten op zone-substraat met grof substraat boven en standaard substraat onder. Combinatie van de grafiek van de telerbeoordeling en het versgewicht is weergegeven in Figuur 25. Dit laat zien dat de telerbeoordeling niet geheel samenvalt met het versgewicht. De telerbeoordeling scoort ook op andere aspecten van de plant (vorm, homogeniteit etc).

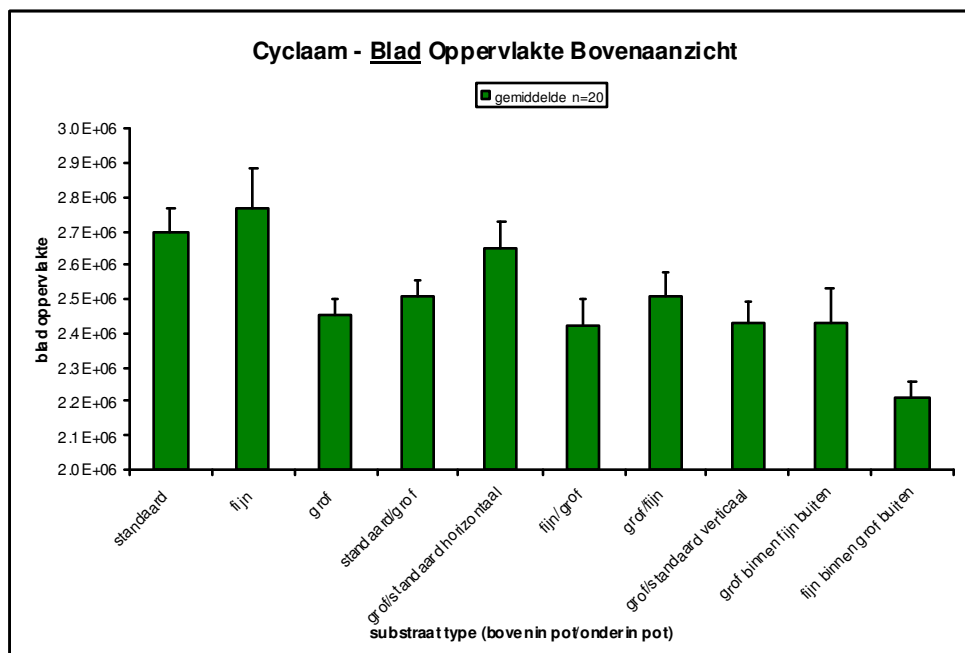


Figuur 24. Het gemiddelde versgewicht van 15 planten (bovengrondse delen) voor de verschillende substraten. Het grootste versgewicht werd bereikt bij planten op fijn substraat en planten op zone-substraat met grot substraat boven en standaard substraat onder.

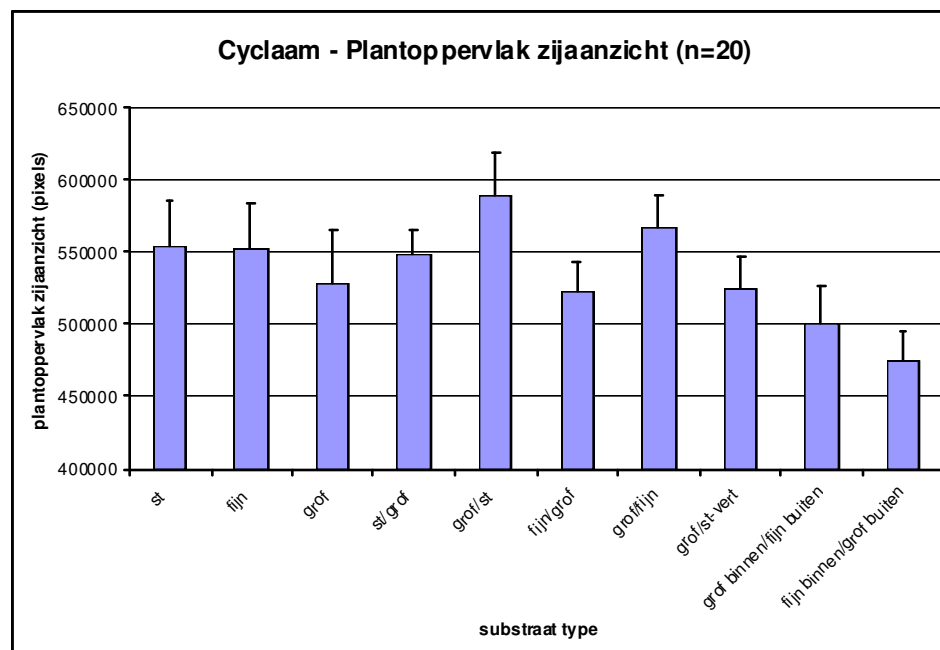


Figuur 25. Combinatie van het gemiddelde versgewicht van 15 planten (bovengrondse delen) voor de verschillende substraten en de telerbeoordeling.

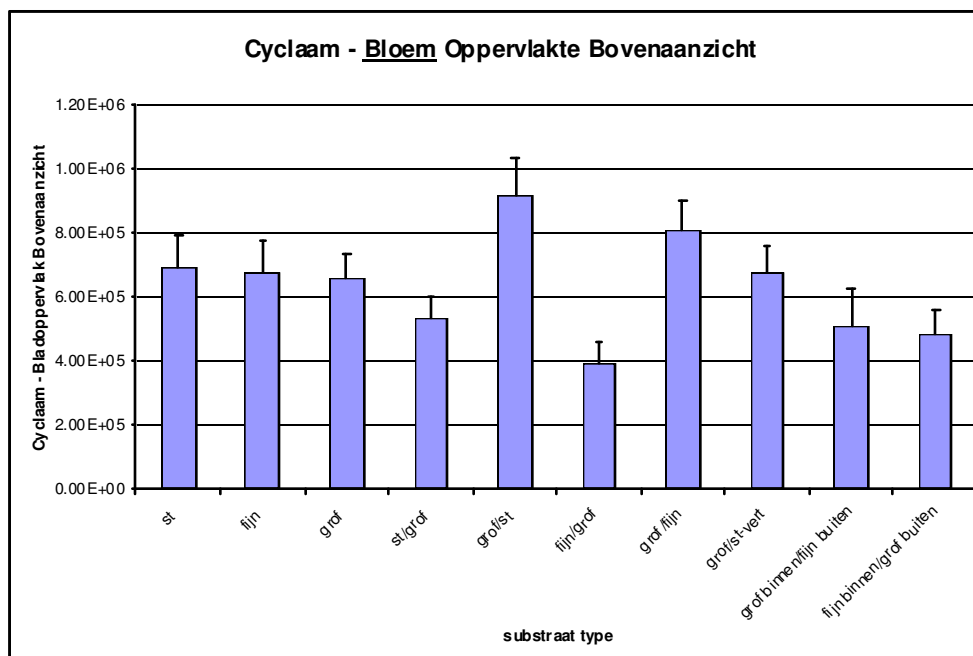
Via beeldanalyse zijn verschillende bovengrondse parameters aan de planten gemeten. In de figuren Figuur 26-Figuur 31 zijn deze weergegeven voor de verschillende gebruikte (zone-)substraten.



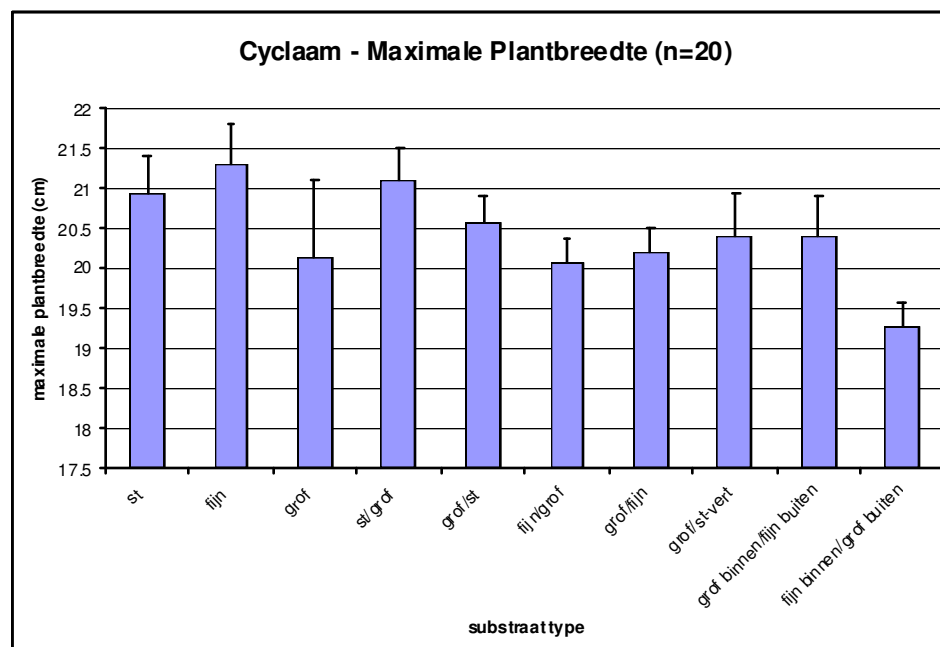
Figuur 26. Gemiddelde bladoppervlak in het bovenaanzicht bij de verschillende substraten.



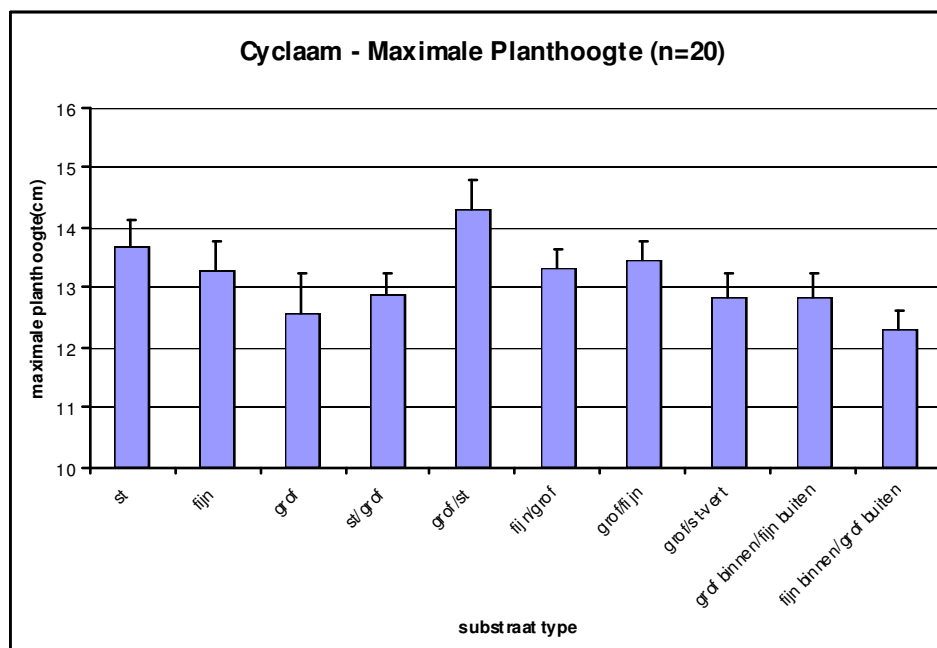
Figuur 27. Gemiddelde plantoppervlak in het zij aanzicht bij de verschillende substraten



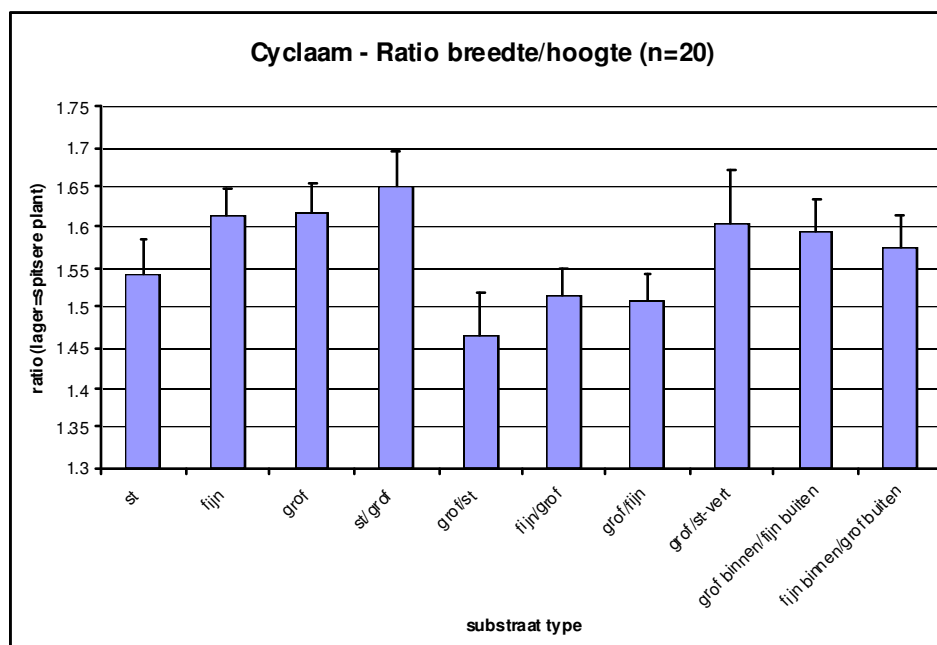
Figuur 28. Gemiddelde bloemoppervlakte in het bovenaanzicht bij de verschillende substraten



Figuur 29. Gemiddelde plantbreedte bij de verschillende substraten



Figuur 30. Gemiddelde planthoogte van de groende delen bij de verschillende substraten.

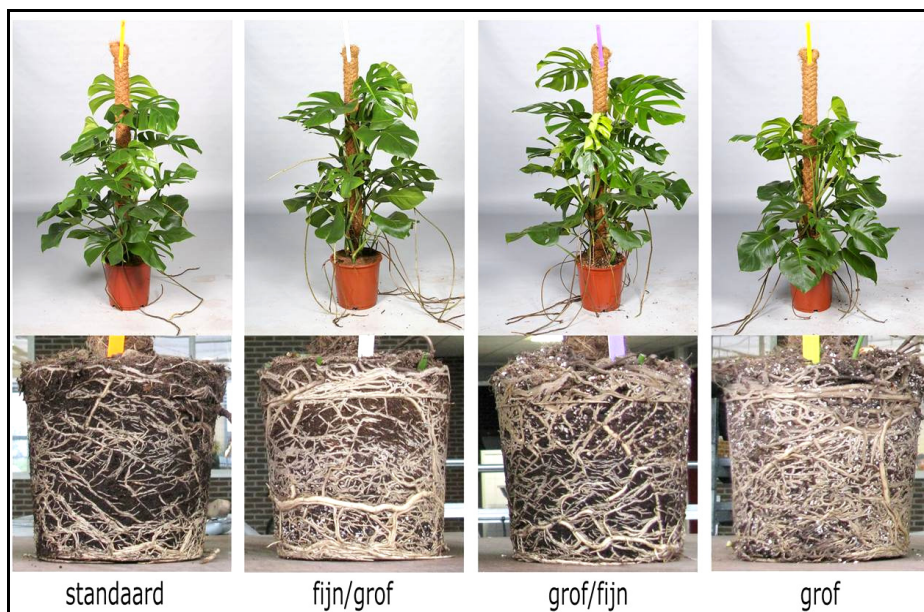


Figuur 31. Gemiddelde ratio van de breedte en hoogte van de groende delen bij de verschillende substraten.

Uit Figuur 31 blijkt dat er behoorlijke verschillen zijn in breedte-hoogte ratio tussen de planten op verschillende (zone-)substraten. Een goede telerbeoordeling komt overeen

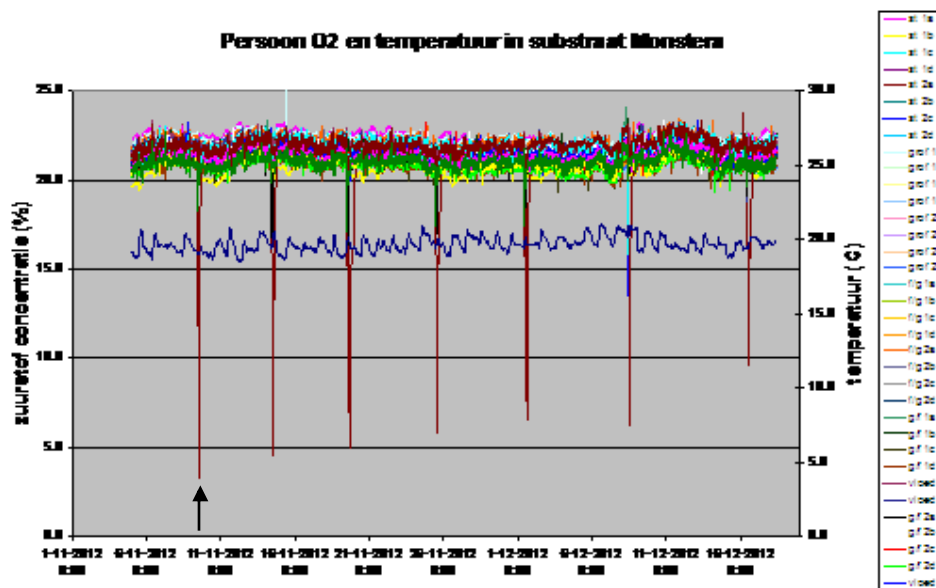
met een relatief lage ratio (spitse plant) in combinatie met een grote plant hoogte. Dit wordt vooral aangetroffen bij het horizontale zone-substraat met standaard substraat onderen grof substraat boven.

4.2 Monstera teelt



Figuur 32. Een representatief beeld van de Monstera pertusum plant (boven) en de bijbehorende kuiten (onder).

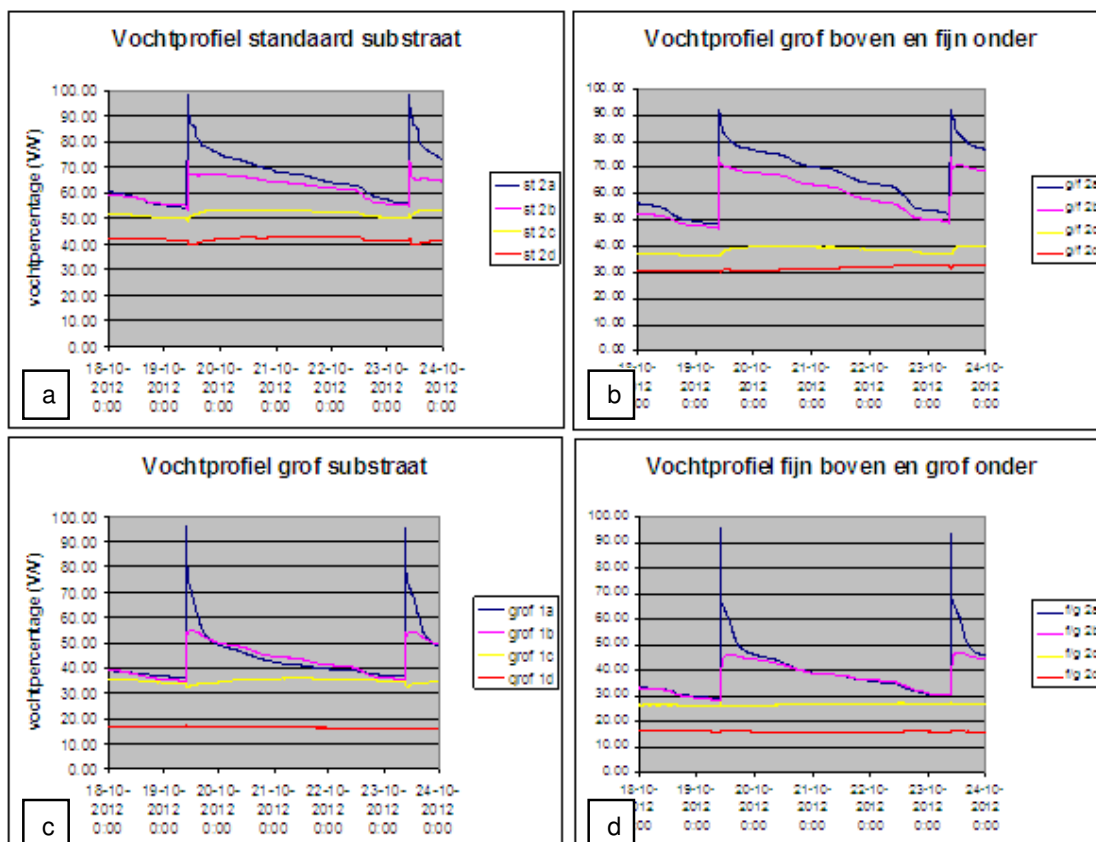
4.2.1 Zuurstof



Figuur 33. Zuurstof gehalte in het substraat voor de verschillende typen substraten tijdens de teelt (gekleurde lijnen), en de temperatuur in het substraat (donkerblauwe lijn). Het pijltje geeft een zuurstof daling aan.

In Figuur 33 zijn zuurstof dalingen in standaard substraat te zien. In de overige substraat variaties werden geen zuurstof dalingen waargenomen. Zie §4.3.2 voor de relatie tussen deze zuurstof dalingen en het vochtgehalte in het substraat.

4.2.2 Vochtgehalte



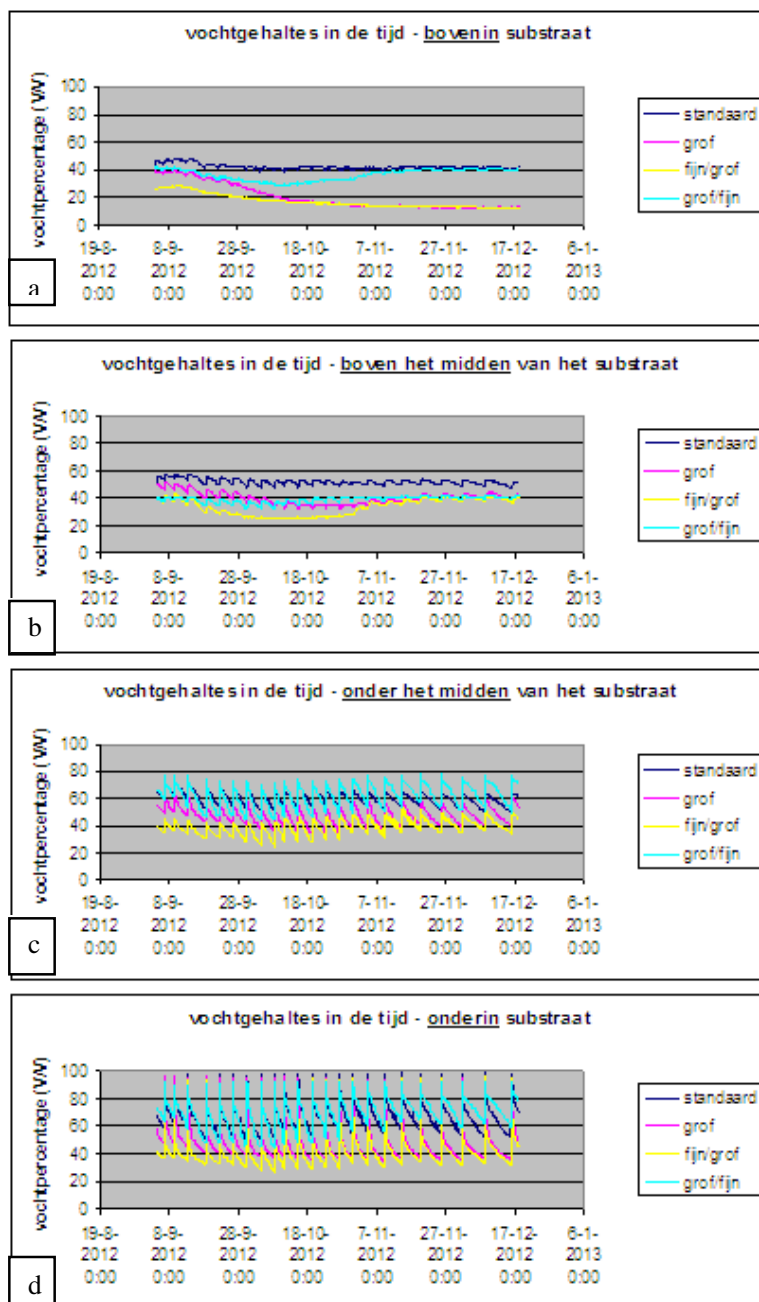
Figuur 34. Vochtgehalten gedurende 6 dagen in potten met a) standaard substraat, b) grof boven en fijn onder, c) grof en d) fijn boven en grof onder. De vier lijnen in een grafiek geven het vochtpercentage op verschillende hoogtes in de pot. De donker blauwe lijn is onderin de pot gemeten, de roze onder het midden, de gele boven het midden en de rode bovenin de pot.

Er is duidelijk zichtbaar dat de hoogte in de pot sterk het watergehalte sterk beïnvloedde. Lager in de pot kon water gemakkelijker worden vastgehouden. Er is even een piekje zichtbaar, dit was de vloedbeurt. Zodra het water van de vloed weer wegzakt, zakt de piek ook naar het niveau waar de potgrond het water kan vasthouden.

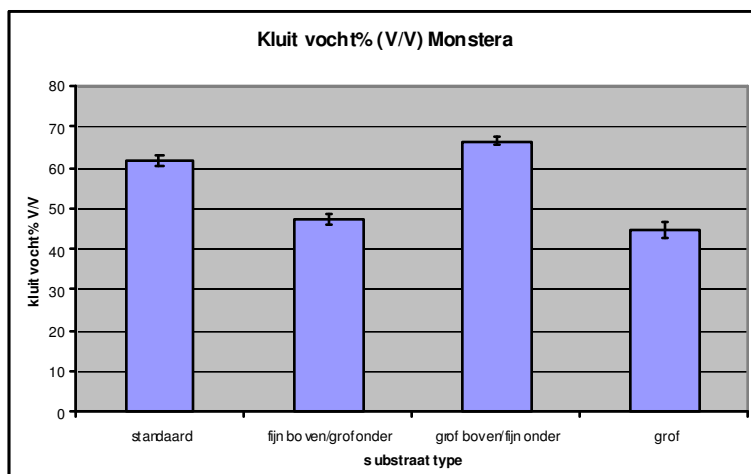
Bij een grove onderlaag wordt ook duidelijk een lager watergehalte gerealiseerd. Bij een fijne onderlaag is het watergehalte hoger na de watergift.

Het hoge watergehalte leidde met name in behandeling "standaard substraat" tot wegzakken van het zuurstofgehalte. (Figuur 54). Hierop gaven wortels een duidelijke

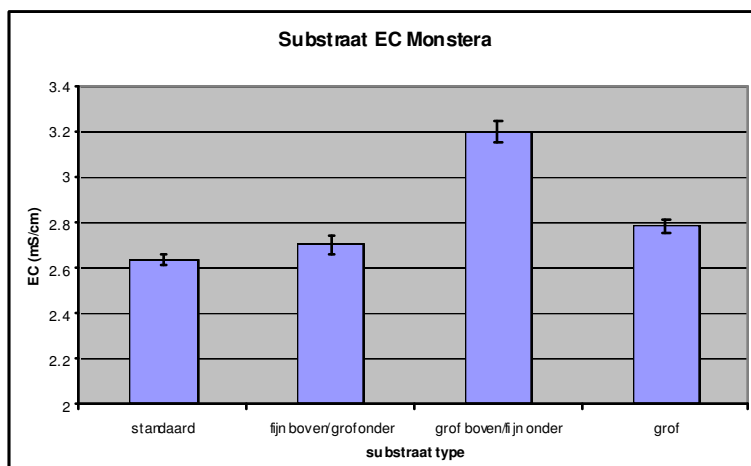
respons door deze laag in feite te ontwijken (zie Figuur 41). Dit beeld deed zich ook voor daar waar “fijn” als onderlaag was aangelegd.



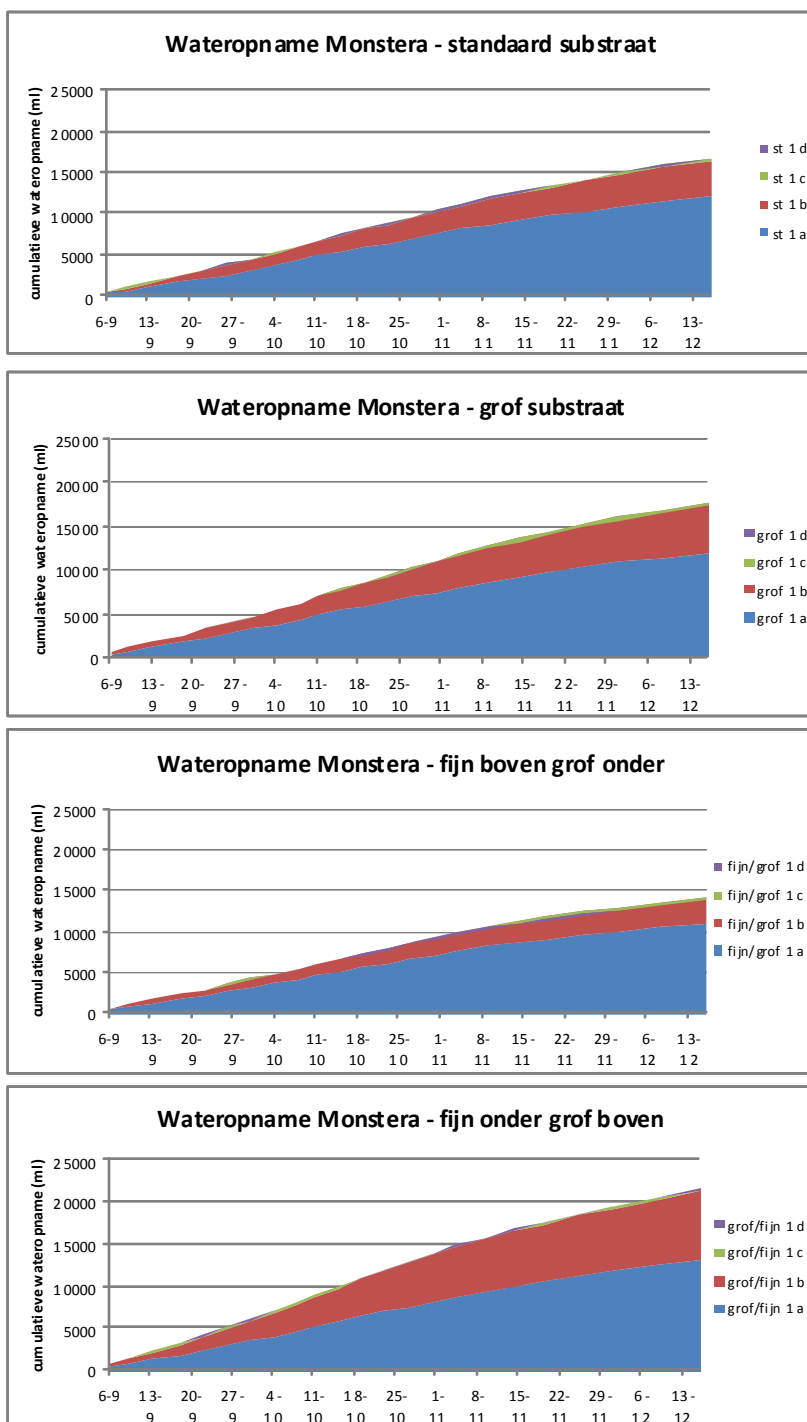
Figuur 35. Vochtgehalten gedurende de teelt in vier verschillende (zone)substraten, op vier verschillende posities in de pot: a) bovenin het substraat, b) boven het midden, c) onder het midden, d) onderin het substraat.



Figuur 36. Gemiddelde kluit vochtpercentage aan de onderkant van de kluiten gemeten op het moment van plantbeoordeling.



Figuur 37. Gemiddelde EC, gemeten aan de onderkant van de kluiten op het moment van plantbeoordeling.

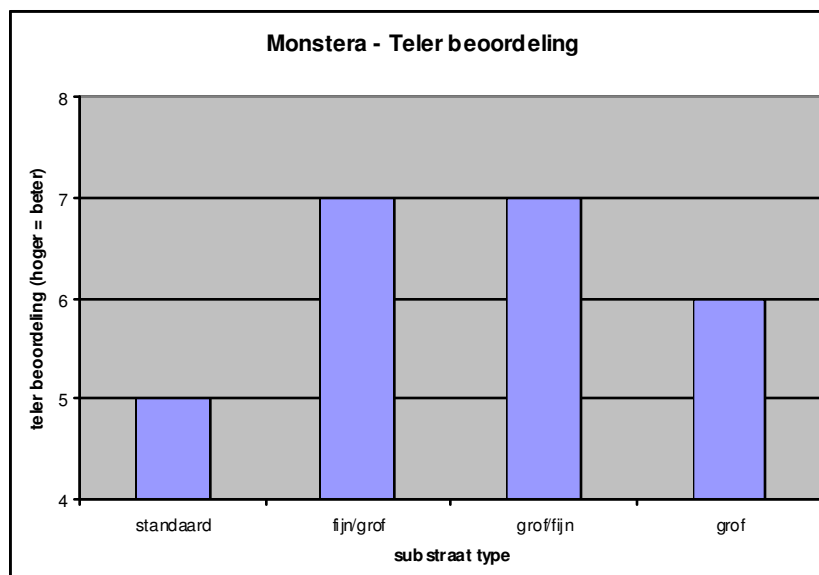


Figuur 38. Cumulatieve wateropname van Monstera planten op vier verschillende (zone)substraten.

4.2.3 Telerbeoordeling

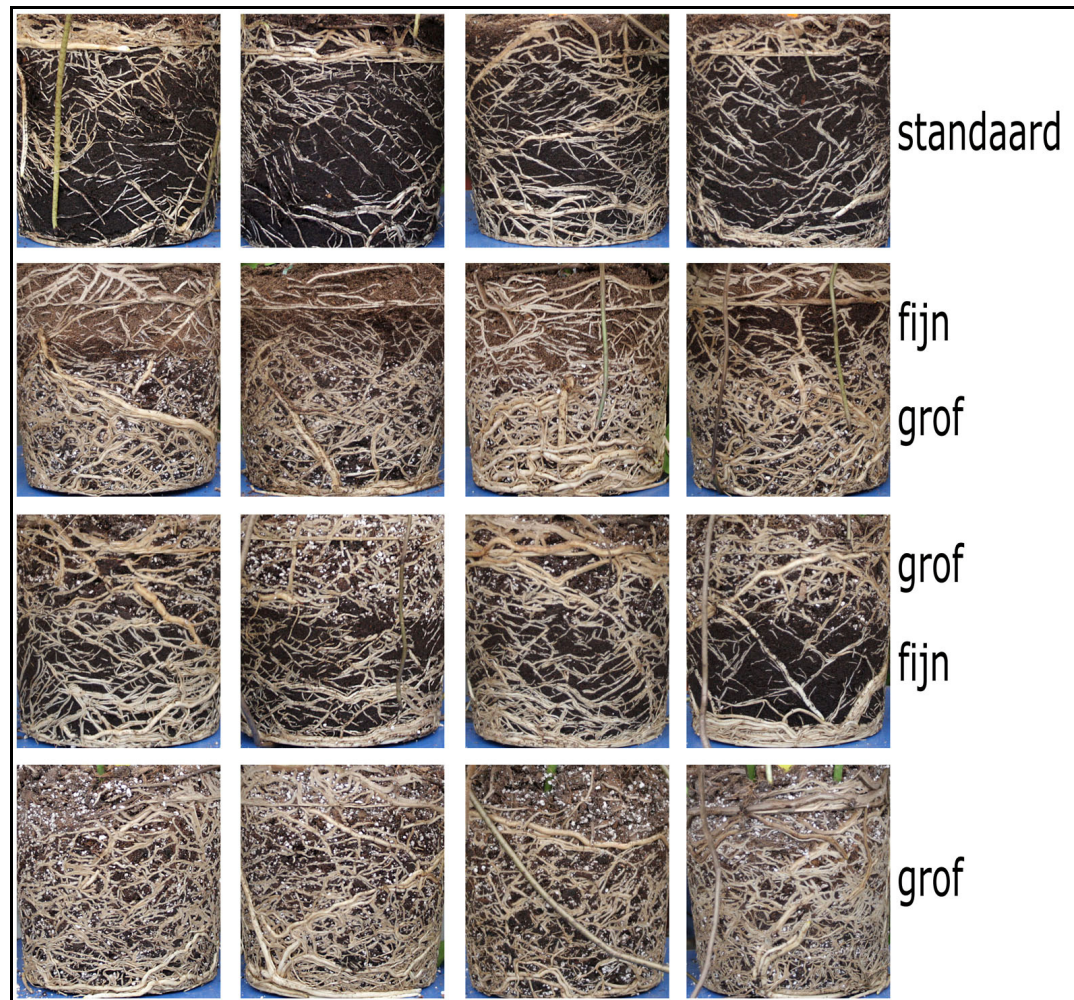


Figuur 39. John Persoon beoordeelt *Monstera pertusum* wortels



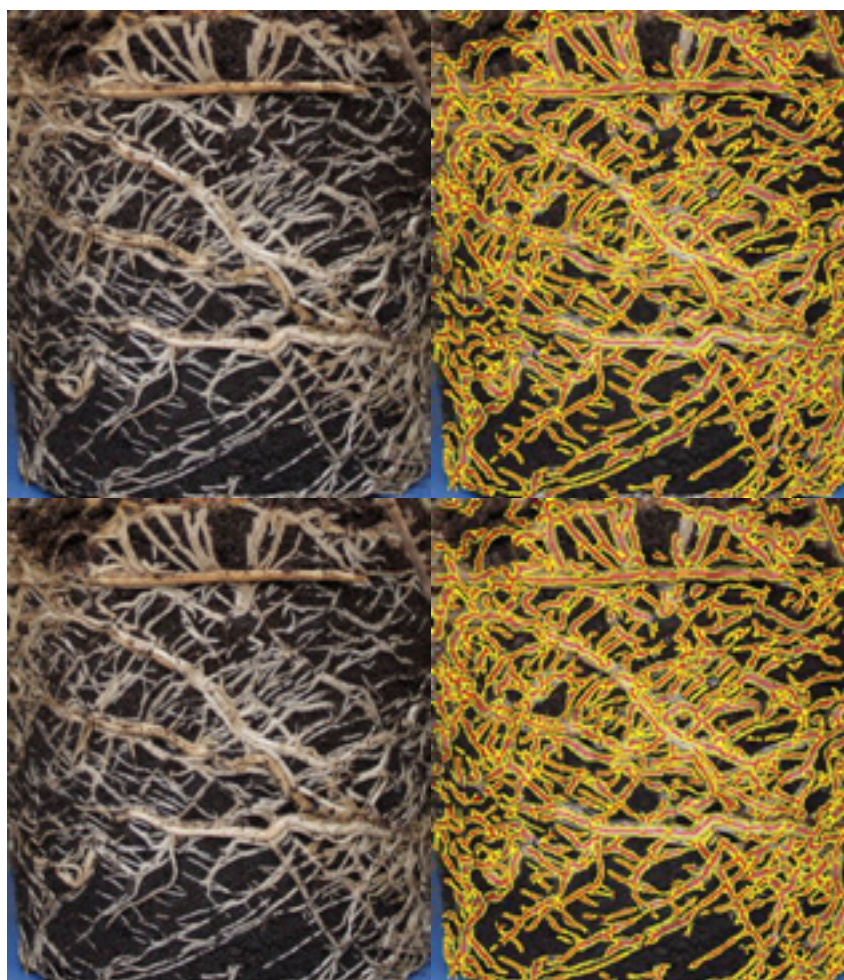
Figuur 40. Cijfers die John Persoon (de teler) gaf aan de gehele plant (met inachtneming van boven- en ondergrondse plant delen) op de verschillende (zone)substraten.

4.2.4 Wortelbeoordeling

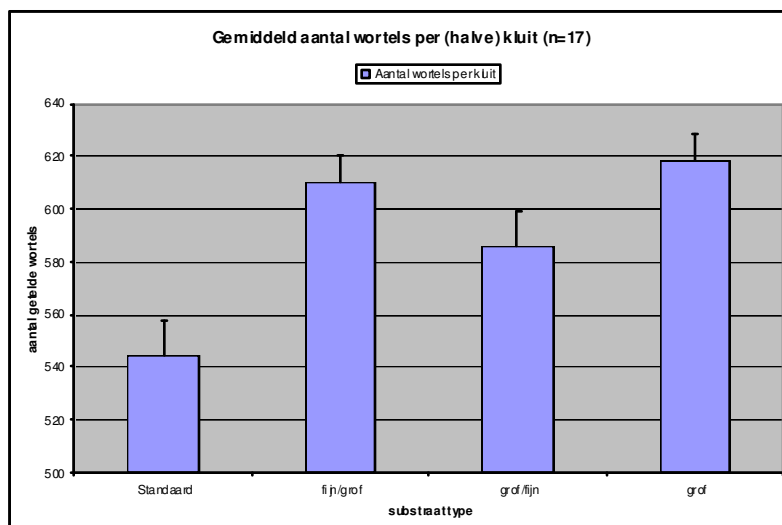


Figuur 41. Representatief beeld van wortelkluiten aan het eind van de teelt.

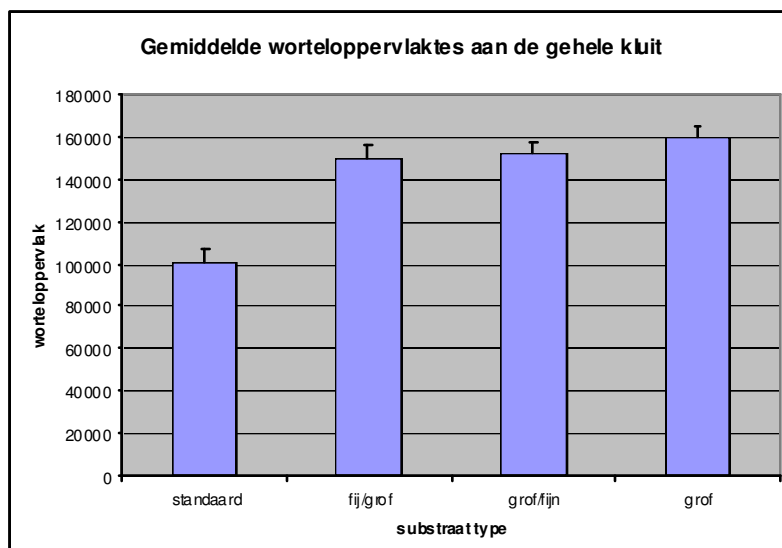
Zeer opvallend was dat de beoordeling van de teler voor zijn eigen standaard substraat lager uitviel dan de andere mengsels. In Fig. 40 is ook duidelijk waarneembaar dat de beworteling geringer was in het standaard substraat. Het aantal (Fig. 41), oppervlak (Fig. 42), en aantal dikke wortels (Fig. 46) was aan de buitenzijde van de pot ook geringer. Er is ook meer in detail naar de wortelverdeling boven en onder in het substraat gekeken. Hieruit bleek duidelijk dat bij een grof substraat onder in de pot er zich daar (relatief) meer wortels vormden.



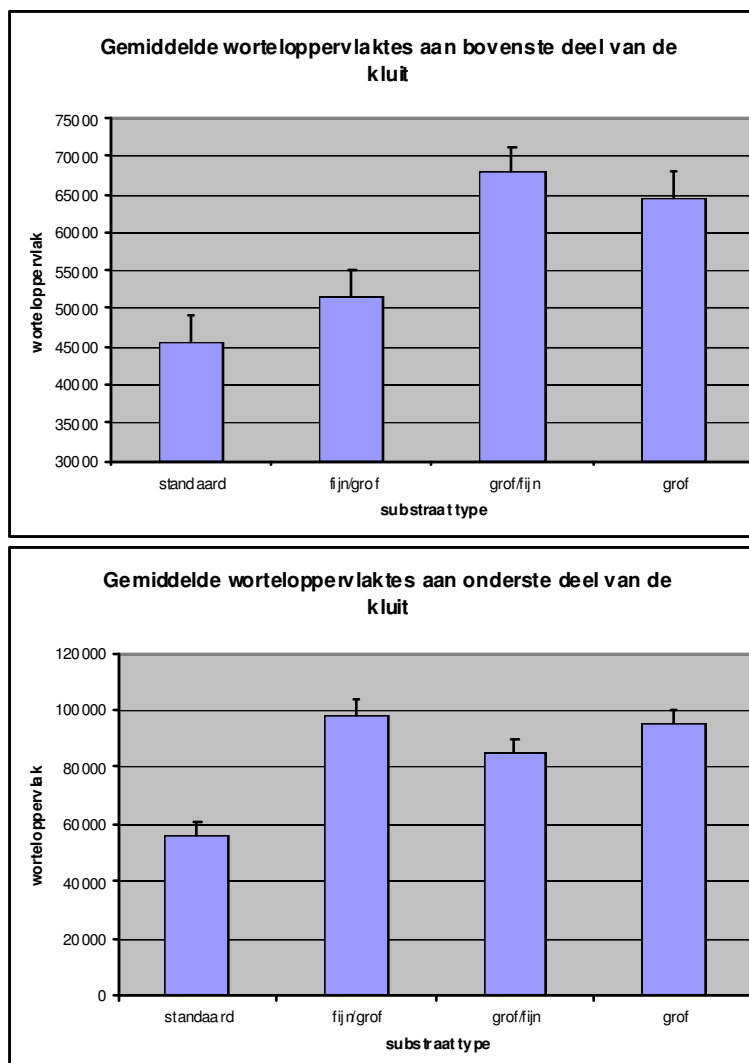
Figuur 42. Voorbeeld van wortel detectie m.b.v. image analyse software, voor het bepalen van wortel oppervlakteged.



Figuur 43. Gemiddeld aantal wortels aan de buitenkant van de Monstera kluiten met verschillende (zone)substraten.

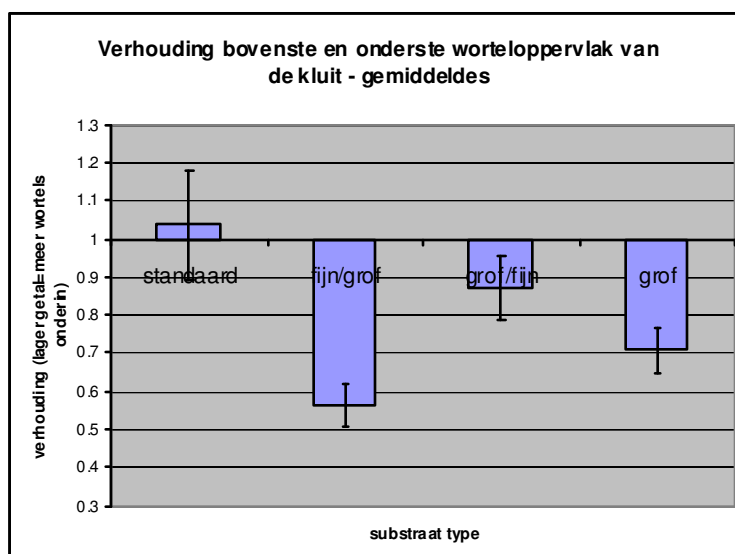


Figuur 44. Gemiddeld worteloppervlak aan de buitenkant van de Monstera kluiten.

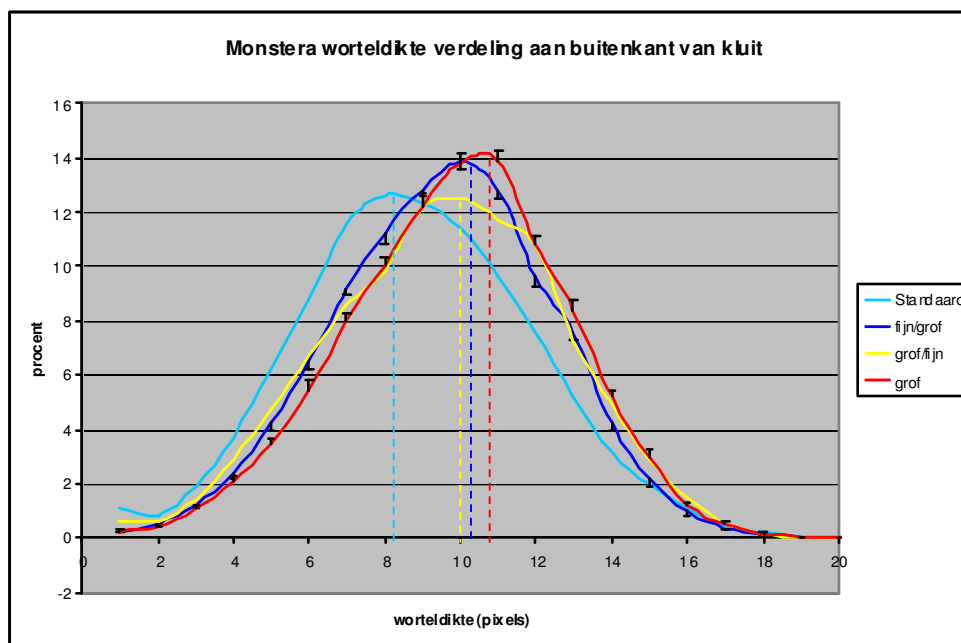


Figuur 45. Gemiddelde worteloppervlaktes aan de buitenkant van de kluiten van het bovenste deel van de kluit (boven) en het onderste deel van de kluit (onder).

Zie ook Figuur 41 voor de foto's van de wortelkluiten.

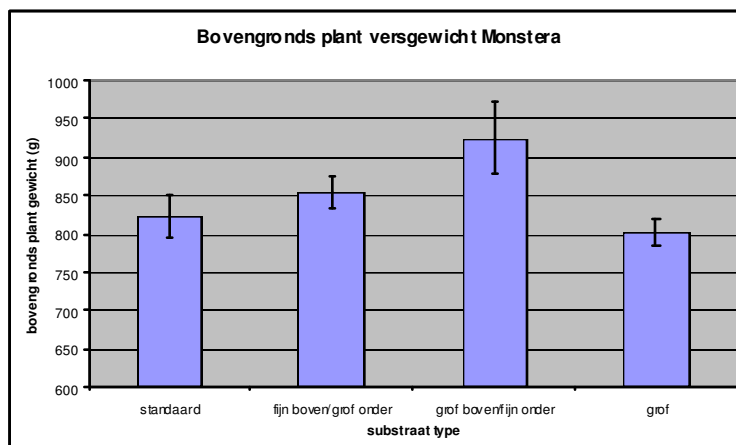


Figuur 46. Ratio tussen het aantal wortels bovenaan en onderaan Monstera wortelkluit. Een lager getal betekent dat er zich meer wortels onderaan de kluit bevonden tov bovenaan de kluit. Een 1 betekent dat er zich evenveel wortels onderaan als bovenaan de kluit bevonden.

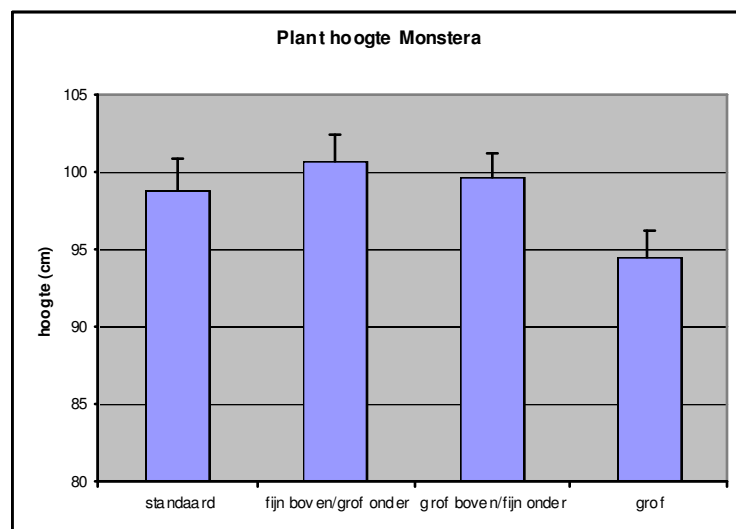


Figuur 47. Worteldikte verdeling aan de buitenkant van de kluit met vier verschillende (zone)substraten. Standaard heeft dunnere wortels

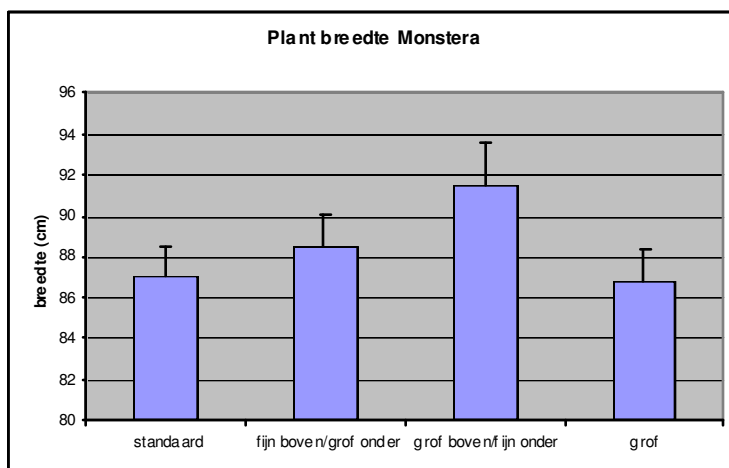
4.2.5 Plantbeoordeling



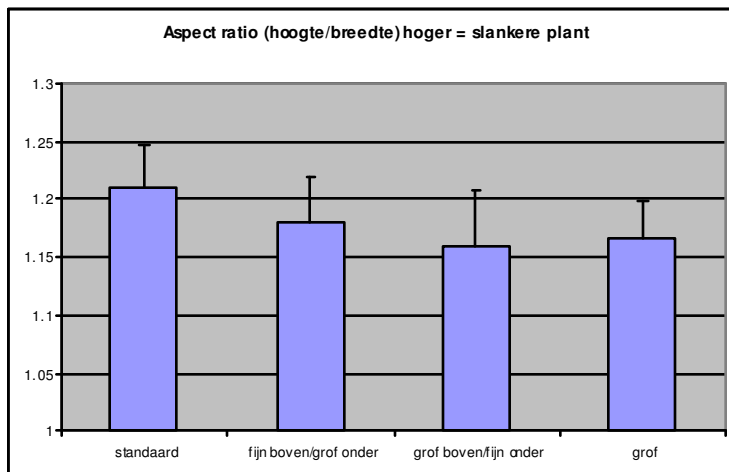
Figuur 48. Gemiddeld vergewicht van de bovengrondse plantdelen.



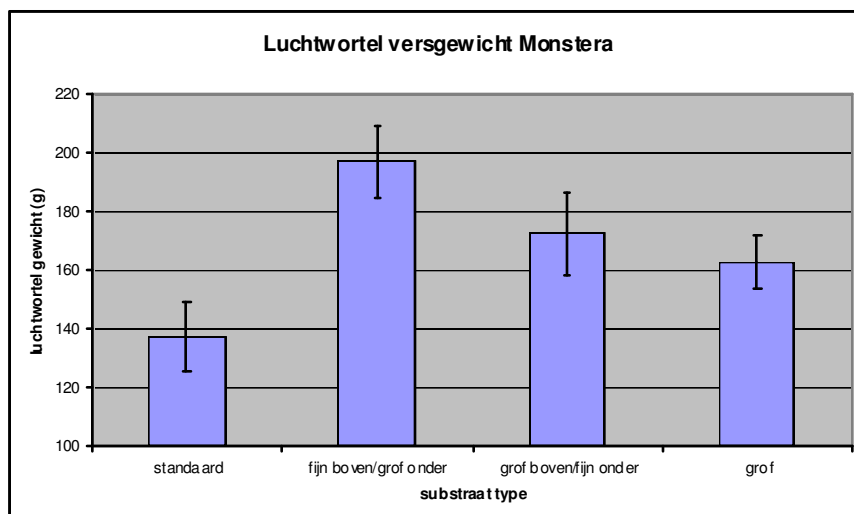
Figuur 49. Gemiddelde planthoogte voor de verschillende substraten.



Figuur 50. Gemiddelde plantbreedte voor de verschillende substraten.



Figuur 51. Verhouding (ratio) tussen de hoogte en de breedte van de planten. Standaard substraat geeft de meest 'slanke' plant.



Figuur 52. Gemiddeld luchtwortel gewicht voor de verschillende substraten.

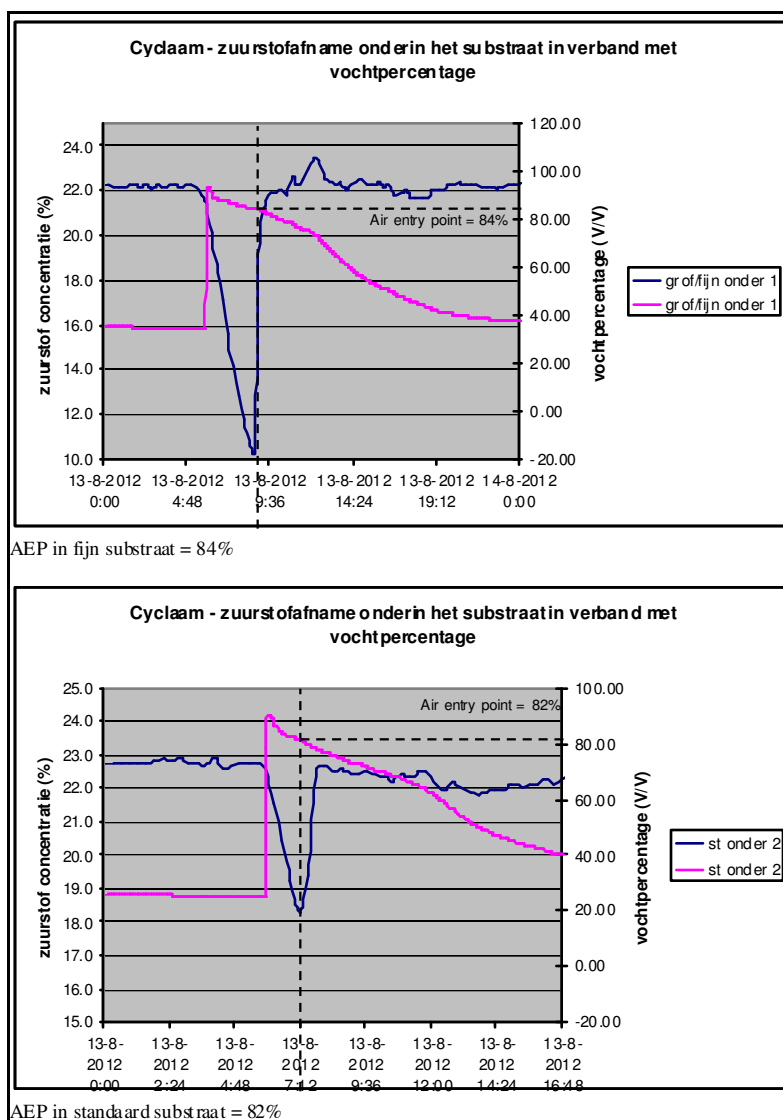
4.3 Air-entry point

Het air-entry point is het vochtgehalte in een substraat waarbij een omslagpunt gevonden wordt tussen goede gas toegankelijkheid en afsluiting voor gasuitwisseling. Bij vochtgehalten groter dan het air-entry point vindt geen goed gas uitwisseling meer plaats en zal zuurstof consumptie in het wortelmilieu direct leiden tot zuurstof concentratiedaling doordat niet voldoende zuurstof toevoer mogelijk is. De waarde van het air-entry point hangt af van de fysische eigenschappen van het substraat. Voor de teelt is het belangrijk kennis te hebben van deze waarde aangezien vochtgehalten hoger dan deze waarde tot problemen in de teelt kunnen leiden.

Aan de hand van de meetgegevens bij zowel cyclaam als Monstera, maar ook uit de initiële substraat karakterisatiemetingen is gekeken naar het air-entry point bij de verschillende substraten. Het air-entry point kan in deze experimenten worden herkend aan een zeer sterke en snelle verandering (zowel toename als afname) in zuurstofconcentratie in het substraat.

4.3.1 Cyclaam

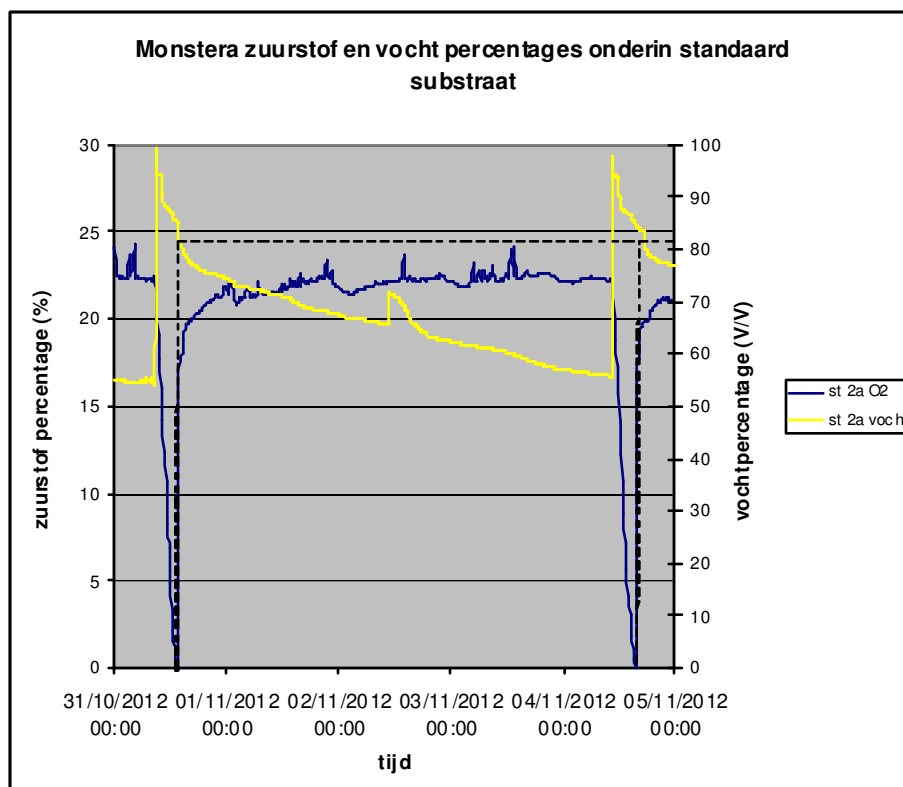
In de cydamen teelt werden niet veel zuurstofafnames gemeten na watergift. Slechts in een enkele pot, met fijn of standaard substraat werden zuurstoftekorten gemeten (zie Figuur 53). Deze zuurstofdalingen kwamen voor bij een vochtpercentage boven de 80% (V/V). Wanneer het vochtpercentage weer onder de 82% (air entry point) zakte, trad zuurstof weer toe in het substraat.



Figuur 53. Air-entry point in het zonesubstraat grof boven en fijn onder (bovenste grafiek) en in het standaard substraat (onderste grafiek). Voor beide substraten was het vochtpercentage ongeveer 83% waarbij zuurstof weer toetrad in het substraat, na een zuurstofarme periode.

4.3.2 *Monstera*

Bij de *Monstera* teelt werden alleen in het standaard substraat zuurstoftekorten gemeten na watergift. Hierbij steeg het vochtpercentage tot boven de 90% (V/V). Wanneer het vochtpercentage weer zakte onder de 82%, trad zuurstof weer toe in het substraat (air entry point).



Figuur 54. Air-entry point in standaard substraat van *Monstera*. Het vochtpercentage waarbij zuurstof, na een zuurstofarme periode, weer in het substraat kwam, was 82%.

5 Discussie en Conclusies

- Op een aantal zonesubstraten groeiden evenwaardige of betere planten binnen reguliere teelten van Cydaam en Monstera.
- Zonesubstraten brengen flexibiliteit in de manier van telen;
 - Een substraat is altijd een compromis en door het aanleggen van zones kunnen de beste compromissen gesloten worden.
- “Air entry point” blijkt een belangrijk punt voor beoordeling van substraten. Daar waar delen van een substraat te lang een te hoog water gehalte hadden - waardoor het air entry point niet werd gehaald – trad versterving van wortels op of werden minder wortels aangelegd.
- Bij zowel Cydaam als Monstera op eb en vloed, groeiden de betere planten op een fijne onderste helft en een grove bovenste helft potgrond.
 - Het fijne deel zorgde voor voldoende vocht vasthoudend vermogen en capillaire werking naar het grove deel, waar het luchtiger was en er waar veel wortels groeiden.
- Als de oriëntatie van het fijne en grove substraat een kwartslag werd gedraaid naar een verticale verdeling, dan leverde dat bij Cydaam juist de slechtste planten op.
 - Oriëntatie van de zone in het substraat is belangrijk.
- Een fijn substraat functioneert goed in teelten met hoge verdampingssnelheden, frequente watergift en kleine potmaten zoals bij Cydaam, maar slechter (vooral met een beetje grof erdoor) in minder snel verdampende gewassen zoals Monstera met grote potmaten.
 - De potten blijven onderin te nat en de wortels nemen minder water op.
- Een grof substraat functioneert slecht in reguliere teelten, maar zou goed kunnen functioneren als de watergift erop wordt afgestemd.
 - Een grof substraat droogt sneller uit en voeding wordt moeilijker opgenomen, daarom zullen er frequenter giften moeten worden gegeven.
- Er waren nutriënt gebreken bij beide gewassen op het grove substraat die vermoedelijk te maken hadden met een slechte ingroei in het substraat vanaf jong plantje of stek.
- Bij Cydaam was geen enkele combinatie met grof substraat onderin de pot succesvol.
 - Het substraat kon het verdampingsniveau in combinatie met de (voor dit substraat lage) watergift frequentie niet aan.
- Bij Monstera werkte de combinatie van grof onder en fijn boven wel goed. Dit substraat was het droogst van de vier en de planten hadden het minste water opgenomen, maar gaf goede planten.
 - Het is opvallend dat de planten die het meest en de planten die het minst water hebben opgenomen, als de betere planten naar voren kwamen. Blijkbaar was de waterbeschikbaarheid niet bepalend voor het eindresultaat, maar waren de omstandigheden in het wortelmilieu (of ze genoeg lucht hadden, in combinatie met genoeg fijn substraat om fijne wortels aan te maken die efficiënt voeding opnamen) meer bepalend.

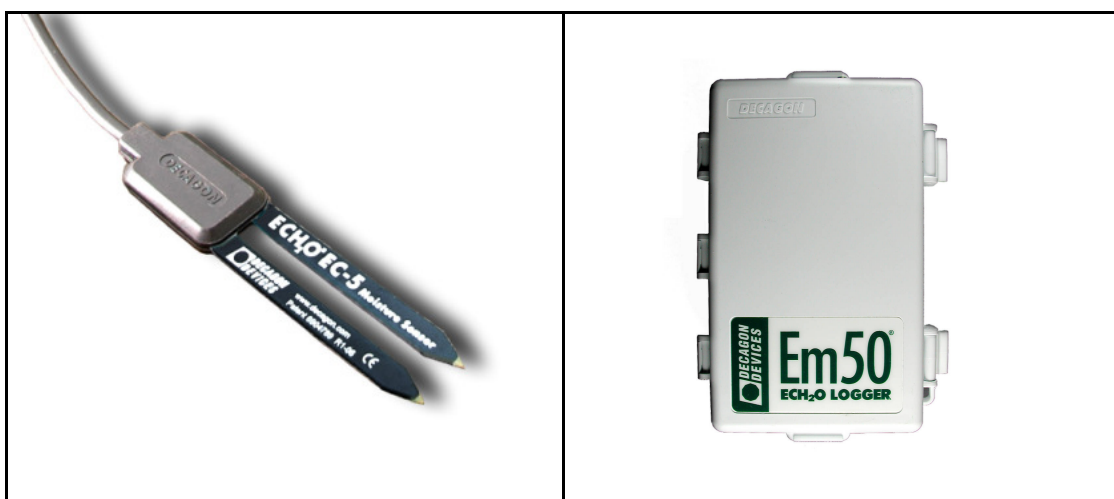
- Een grove onderlaag leidde tot een luchtiger situatie onder in de pot, waardoor er geen wortelproblemen ontstonden bij Monstera. In combinatie met een fijnere bovenlaag kon wel een goede vochtvoorziening worden bereikt.

6 Vochtmetingen

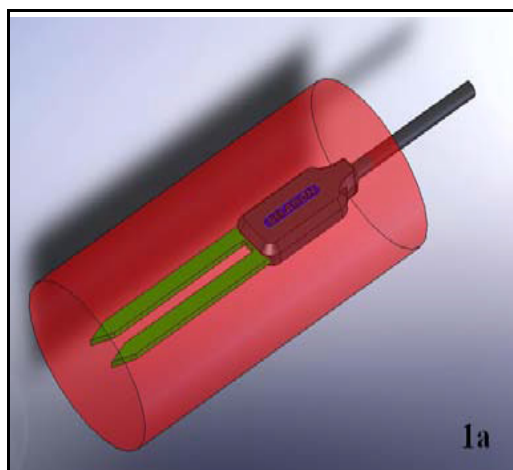
In dit hoofdstuk wordt beschreven hoe de vochtmetingen gedaan moeten worden en waar extra aandacht aan moet worden besteed.

6.1 Vochtsensoren

De vochtsensoren die gebruikt werden in dit project waren [Decagon EC-5 sensoren](#) met EM50 dataloggers. De EC-5 kosten ongeveer 110 euro per stuk en de logger ongeveer 576 euro. Er kunnen vijf EC-5 aan een logger worden aangesloten, die op AA batterijen werkt.



Figuur 55. Vochtsensor EC-5 (links) en datalogger EM50 van Decagon. Zowel de vork, als de grijze houder (waar de draad in gaat) zijn onderdeel van het vochtgevoelige deel (zie Figuur 56).



Figuur 56. Zone van vochtgevoeligheid van EC-5

6.2 IJking van vochtsensoren

Decagon levert zijn vochtsensoren standaard met algemene ijklijnen voor verschillende soorten substraat. Deze ijkings zijn goed bruikbaar als een hoge nauwkeurigheid in vochtpercentage niet heel belangrijk is (als er bijvoorbeeld vooral wordt gekeken naar trends in vocht ipv absolute percentages). Mocht de nauwkeurigheid wel bepalend zijn, dan is het sterk aan te raden een substraat specifieke ijking te doen.

Methode om ijklijnen te maken:

Zie Tabel 2 als voorbeeld.

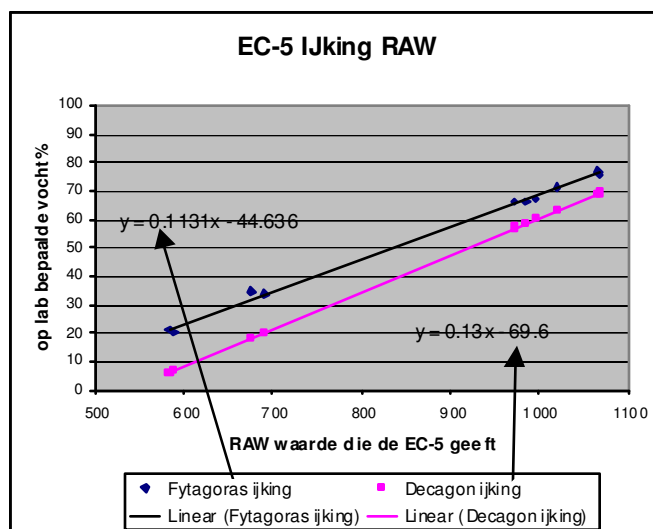
- Neem 10x 500ml potjes (plastic) en nummer ze 1 t/m 10.
- Weeg elk potje en noteer het gewicht in grammen.
- Doe in de 1^e twee potjes het substraat zoals je het hebt, en bewaar onder plastic (tegen verdamping). De dichtheid (hoe compact je het maakt) moet ongeveer gelijk zijn als waarop de planten staan in de kas.
- Maak vervolgens in een bak het substraat iets vochtig met water en meng goed.
- Vul weer 2 potjes met dit iets vochtiger mengsel.
- Herhaal dit tot alle 10 de potjes gevuld zijn van redelijk droog tot nat substraat.
- Bewaar deze potjes idealiter een dag (in plastic zak) om het water homogeen te laten verdelen.
- Steek 1 sensor in het midden van het substraat. Afhankelijk van de eindsituatie prik je alleen de vork in, of ook de houder. (zie Figuur 57).
- Meet de RAW waarde voor elke pot en noteer deze.
- Weeg vervolgens de potten met substraat en noteer gewichten.
- Zet de potten voor 3 dagen bij 80 graden Celsius (mogelijk kan het bij lagere temperaturen voor langere periode, maar dat hebben we nooit getest).
- Weeg de potten met het gedroogde substraat en noteer het gewicht.
- Bepaal het volume van 1 pot door een plastic zakje in de pot te doen en deze te vullen met water. Vul tot de rand met water en weeg de pot met water en trek het gewicht van pot en plastic zakje er vanaf. ($1g = 1cm^3$).
- Vul de meetwaarden in Excel (of andere spreadsheet, of met de hand) en bereken het vochtgehalte: $(\text{natgewicht} - \text{drooggewicht}) \times \text{volume}$
- Dit geeft het volume water per volume potgrond (m^3/m^3).
- Vermenigvuldig dit getal met 100 en je krijgt het percentage vocht in V/V (volume water per volume potgrond).
- Plot (x-y) nu het bepaalde vochtpercentage op de y-as tegen de RAW waarden op de x-as. Voeg een trendlijn met de vergelijking toe. Met deze vergelijking kunnen nu de ruwe waarden, die gemeten worden in substraat met onbekende vochtpercentages, omgerekend worden naar vochtpercentages

Tabel 2. Meetwaarden en berekende waarden voor EC-5 ijking.

ijkpunt	gemeten RAW	gewicht nat (g)	gewicht droog (g)	volume (ml)	Vochtgehalte (m ³ /m ³)	Volumepercentage (%)	potting soil formule vlg. Decagon VWC=1.3*10 ⁻³ *raw-0.696
1	690	226	82	430	0.33	33.49	20.1
2	676	227	80	430	0.34	34.19	18.28
3	588	170	83	430	0.20	20.23	6.84
4	583	178	88	430	0.21	20.93	6.19
5	995	372	84	430	0.67	66.98	59.75
6	984	369	84	430	0.66	66.28	58.32
7	1019	389	84	430	0.71	70.93	62.87
8	971	368	84	430	0.66	66.05	56.63
9	1068	407	84	430	0.75	75.12	69.24
10	1065	413	84	430	0.77	76.51	68.85



Figuur 57. Twee EC-5 vocht sensoren in 11cm pot met cycas. De vochtsensoren zijn alleen met de vorken ingestoken, omdat er niet genoeg ruimte was voor de gehele sensor in de pot. Deze situatie vereiste een specifieke ijking waarbij alleen de vork werd ingestoken bij ijking.



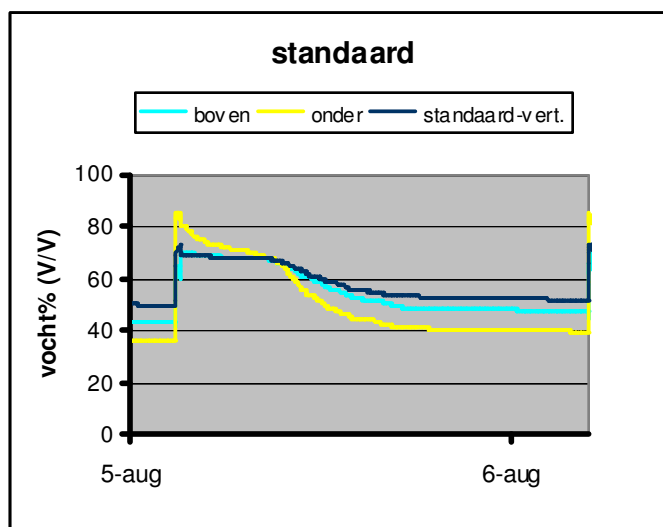
Figuur 58. IJkingen in potgrond van vochtsensor EC-5. De roze lijn geeft de algemene potgrond ijking zoals Decagon deze geeft als fabrieksinstelling en de donkere lijn is de substraat specifieke ijking, zoals bepaald bij Fyttagoras.

6.3 Plaatsen van vochtsensoren

Voor een betrouwbare inschatting van het vochtpercentage in een substraat is er meer dan 1 sensor nodig, of er moet met 1 (goed gekte en betrouwbare) vochtsensor in meerdere potten worden gemeten. Voor het continu volgen van vochtpercentages zijn er minstens twee vocht sensoren nodig, liefst drie of meer. Als er met drie sensoren dan een afwijkende meting tussen zit, kun je beter inschatten welke sensor het niet goed doet, of welke sensor opnieuw ingestoken moet worden.

Hoe meer sensoren er gebruikt wordt, des te betrouwbaarder kun je iets zeggen over het vochtpercentage, maar voor het volgen van trends kun je volstaan met twee of drie sensoren. Dan moeten deze sensoren wel op een goede manier gebruikt en geplaatst worden.

Als er vocht wordt gemeten bovenin het substraat, dan zegt dat niet direct iets over de lagere zones in het substraat. Als je wilt monitoren of je plant genoeg, te weinig, of teveel water ter beschikking heeft, is het meestal nodig om onderin het substraat te meten. Hier bevindt zich het meeste water, mogelijk ook als de bovenste delen al droog zijn. In Figuur 59 zijn drie vochtprofielen te zien. Het profiel van de sensor die verticaal is geplaatst, loopt bijna gelijk aan het profiel van de sensor die horizontaal, bovenin het substraat is geplaatst. In deze kleine potmaat (11cm) krijg je alleen goed inzicht in vochtverdeling als je (ook) onderin de pot meet. Onderin de pot is de meest kritische zone, aangezien daar zich het meeste vocht verzamelt, wat mogelijk zuurstof tekorten teweeg brengt.



Figuur 59. Vochtprofielen met horizontaal ingestoken vocht sensoren (geel en lichtblauw) en een vochtprofiel met een verticaal ingestoken sensor (donkerblauw) in een relatief kleine 11cm pot.



Figuur 60. Plaatsing van EC-5 vocht sensoren in grote 24cm potten (links) of kleine 11cm potten (rechts).

6.4 Conclusie vochtmeting

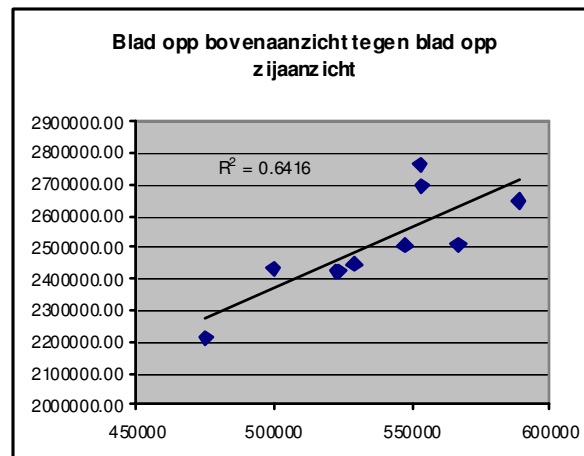
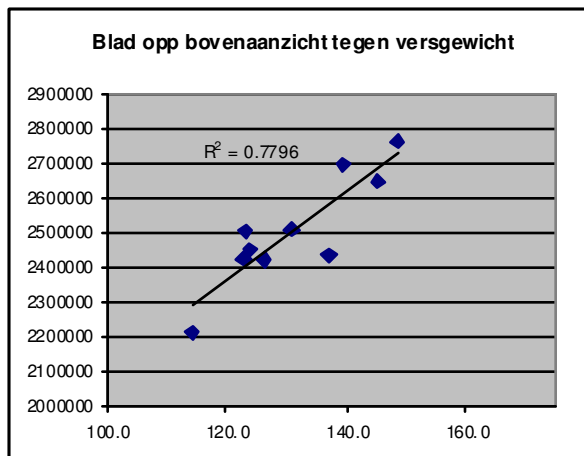
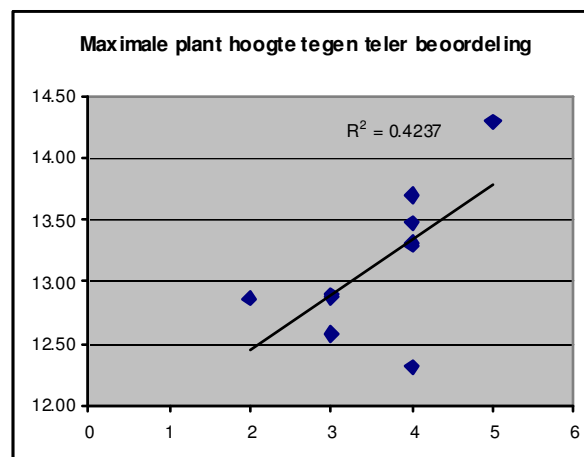
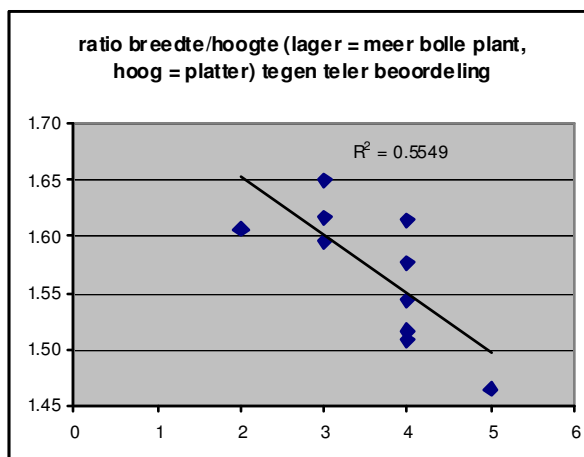
- IJkde sensor voor gebruik in het betreffende substraattypen.
- Plaatsing van de sensoren in de pot dient nauwkeurig te geschieden

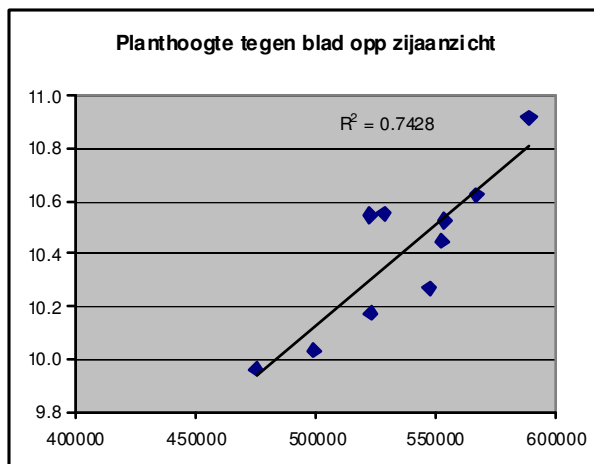
7 Bijlagen

7.1 Cyklaam

Correlaties tussen de verschillende parameters bij cyklaam zijn weergegeven in de onderstaande tabel en grafieken.

	Teler beoordeling	gemiddeld (g)	gemiddeld (kg)	drooggewicht (kg)	% vocht	LA	Roundness	Circularity	Compactness	Radius	Bloom opp	Plantopdrakingszicht	Maxbreedte-zj	Maxhoogte	Planthoogte	ratio breedte/hoogte	verhouding
Teler beoordeling	1.00																
gemiddeld (g)	0.48	1.00															
gemiddeld (kg)	0.06	0.08	1.00														
drooggewicht (kg)	0.60	0.62	0.31	1.00													
% vocht	-0.11	0.65	0.91	-0.06	1.00												
LA	0.06	0.08	0.73	0.48	0.48	1.00											
Roundness	-0.09	-0.18	-0.19	-0.30	-0.09	-0.42	1.00										
Circularity	0.27	0.15	0.02	0.03	0.11	-0.19	0.79	1.00									
Compactness	0.13	0.51	0.60	0.39	0.45	0.06	-0.06	-0.56	1.00								
Radius	0.28	0.79	0.62	0.59	0.38	0.08	-0.02	0.02	0.30	1.00							
Bloom opp	0.04	0.54	0.06	0.32	0.12	0.39	-0.40	-0.48	0.34	0.49	1.00						
Plantopdrakingszicht	0.44	0.64	0.33	0.55	0.08	0.30	-0.3	-0.4	0.27	0.68	0.79	1.00					
Maxbreedte-zj	-0.02	0.65	0.75	0.69	0.49	0.57	0.27	-0.35	0.22	0.69	0.32	0.63	1.00				
Maxhoogte	0.65	0.75	0.45	0.42	0.42	0.30	0.74	-0.28	-0.08	0.22	0.65	0.66	0.47	1.00			
Planthoogte	0.60	0.53	0.11	0.53	-0.13	0.02	-0.13	-0.07	0.38	0.64	0.67	0.86	0.30	0.8	1.00		
ratio breedte/hoogte	0.74	-0.32	0.02	-0.10	0.11	-0.16	-0.14	-0.19	0.31	-0.26	-0.44	-0.44	0.23	-0.74	-0.06	1.00	
verhouding	0.48	0.01	-0.05	0.62	-0.23	0.16	-0.18	-0.45	0.10	0.64	0.11	0.09	-0.06	0.15	0.14	-0.12	1.00





Onderstaande tabellen geven de statistische significaties van verschillen tussen verschillende parameters bij planten op de verschillende (zone-)substraten

$\alpha < 0.05$ = significant

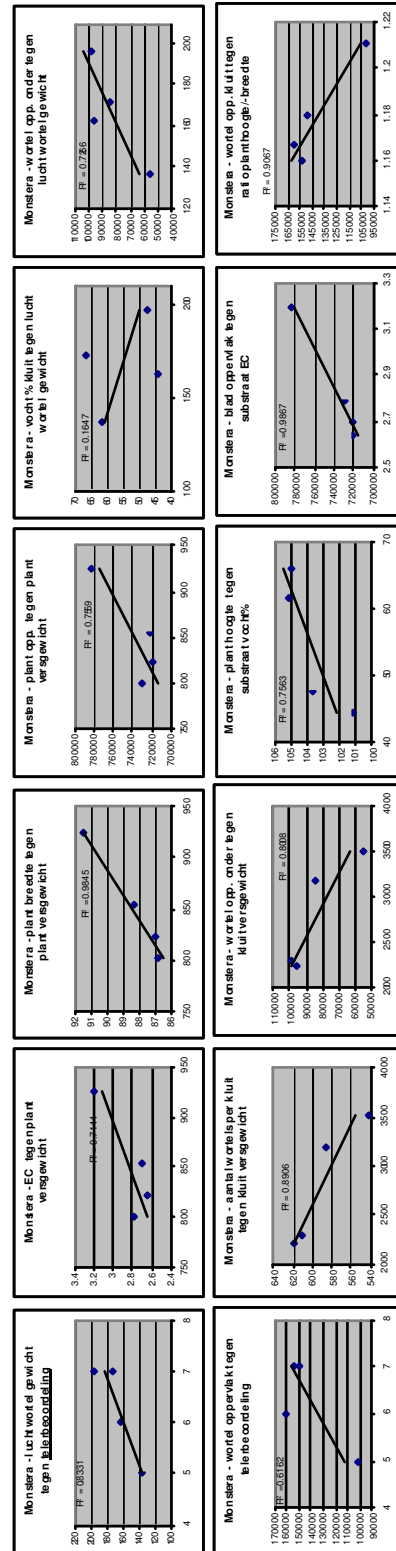
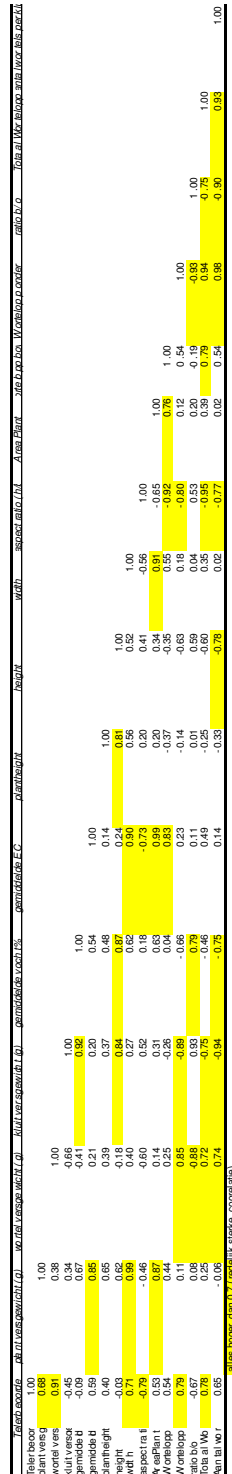
Significantie tests										
T-test resultaten (2-Tail-Two-sample equal variance T-Test)										
versgewicht	(n=25)	st	fijn	grof	st/grof	grof/st	fijn/grof	grof/fijn	grof/st-vert	fijn/binnen/grof/b
st	1	0.569	0.030	0.012	0.336	0.068	0.165	0.008	0.756	0.000
fijn	0.569	1	0.027	0.015	0.918	0.051	0.110	0.012	0.440	0.000
grof	0.030	0.027	1	0.899	0.002	0.725	0.262	0.881	0.102	0.076
st/grof	0.012	0.015	0.899	1	0.000	0.608	0.154	0.986	0.062	0.047
grof/st	0.336	0.918	0.002	0.000	1	0.005	0.010	0.000	0.253	0.000
fijn/grof	0.068	0.051	0.725	0.608	0.005	1	0.474	0.577	0.186	0.031
grof/fijn	0.165	0.110	0.262	0.154	0.010	0.474	1	0.119	0.395	0.000
grof/st-vert	0.008	0.012	0.881	0.986	0.000	0.577	0.119	1	0.051	0.025
grof binnen/fijn buiten	0.756	0.440	0.102	0.062	0.253	0.186	0.395	0.051	1	0.001
fijn binnen/grof buiten	0.000	0.000	0.076	0.047	0.000	0.031	0.000	0.025	0.001	1

T-test resultaten (2-Tail-Two-sample equal variance T-Test)										
LAI	(n=25)	st	fijn	grof	st/grof	grof/st	fijn/grof	grof/fijn	grof/st-vert	fijn/binnen/grof/b
st	1	0.623	0.005	0.021	0.628	0.008	0.035	0.006	0.026	0.000
fijn	0.623	1	0.011	0.029	0.396	0.010	0.032	0.008	0.024	0.000
grof	0.005	0.011	1	0.399	0.034	0.777	0.403	0.770	0.880	0.001
st/grof	0.021	0.029	0.399	1	0.109	0.323	0.942	0.301	0.457	0.000
grof/st	0.628	0.396	0.034	0.109	1	0.034	0.139	0.028	0.076	0.000
fijn/grof	0.008	0.010	0.777	0.323	0.034	1	0.312	0.996	0.934	0.010
grof/fijn	0.035	0.032	0.403	0.942	0.139	0.312	1	0.292	0.433	0.000
grof/st-vert	0.006	0.008	0.770	0.301	0.028	0.996	0.292	1	0.935	0.007
grof binnen/fijn buiten	0.026	0.024	0.880	0.457	0.076	0.934	0.433	0.935	1	0.023
fijn binnen/grof buiten	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.010	0.000	0.007	0.023	1

Max Breedte		Significantietests									
(n=25)		T-test resultaten (2-Tail-Two-sample equal variance T-Test)									
st	fijn	gof	s/grof	grof/st	fijn/grof	grof/fijn	grof/s tvert	grof binnen/fijn buiten	fijn binnen/grof buiten		
st	1.00	0.60	0.97	0.79	0.53	0.09	0.13	0.42	0.41	0.00	0.00
fijn	0.60	1.00	0.56	0.74	0.24	0.03	0.04	0.20	0.19	0.00	0.00
grof	0.97	0.56	1.00	0.78	0.41	0.04	0.06	0.34	0.32	0.00	0.00
st/grof	0.79	0.74	0.78	1.00	0.30	0.03	0.04	0.25	0.24	0.00	0.00
grof/st	0.53	0.24	0.41	0.30	1.00	0.22	0.33	0.74	0.75	0.00	0.00
fijn/grof	0.09	0.03	0.04	0.03	0.22	1.00	0.70	0.56	0.50	0.05	0.05
grof/fijn	0.13	0.04	0.06	0.04	0.33	0.70	1.00	0.72	0.68	0.01	0.01
grof/s tvert	0.42	0.20	0.34	0.25	0.74	0.56	0.72	1.00	0.98	0.05	0.05
grof binnen/fijn buiten	0.41	0.19	0.32	0.24	0.75	0.50	0.68	0.98	1.00	0.03	0.03
fijn binnen/grof buiten	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.05	0.01	0.05	0.03	1.00	1.00
Max Hoogte		Significantietests									
(n=25)		T-test resultaten (2-Tail-Two-sample equal variance T-Test)									
st	fijn	gof	s/grof	grof/st	fijn/grof	grof/fijn	grof/s tvert	grof binnen/fijn buiten	fijn binnen/grof buiten		
st	1.00	0.53	0.26	0.13	0.35	0.44	0.65	0.13	0.12	0.01	0.01
fijn	0.53	1.00	0.74	0.47	0.14	0.97	0.72	0.45	0.44	0.06	0.06
grof	0.26	0.74	1.00	0.62	0.04	0.62	0.37	0.59	0.58	0.05	0.05
st/grof	0.13	0.47	0.62	1.00	0.02	0.32	0.16	0.94	0.94	0.16	0.16
grof/st	0.35	0.14	0.04	0.02	1.00	0.07	0.12	0.02	0.02	0.00	0.00
fijn/grof	0.44	0.97	0.62	0.32	0.07	1.00	0.66	0.31	0.29	0.01	0.01
grof/fijn	0.65	0.72	0.37	0.16	0.12	0.68	1.00	0.16	0.15	0.00	0.00
grof/s tvert	0.13	0.45	0.59	0.94	0.02	0.31	0.16	1.00	1.00	0.21	0.21
grof binnen/fijn buiten	0.12	0.44	0.58	0.94	0.02	0.29	0.15	1.00	1.00	0.18	0.18
fijn binnen/grof buiten	0.01	0.06	0.05	0.16	0.00	0.01	0.00	0.21	0.18	1.00	1.00
ratio bh		Significantietests									
(n=25)		T-test resultaten (2-Tail-Two-sample equal variance T-Test)									
st	fijn	gof	s/grof	grof/st	fijn/grof	grof/fijn	grof/s tvert	grof binnen/fijn buiten	fijn binnen/grof buiten		
st	1.00	0.17	0.23	0.07	0.25	0.57	0.47	0.40	0.34	0.53	0.53
fijn	0.17	1.00	0.92	0.52	0.02	0.03	0.02	0.90	0.68	0.42	0.42
grof	0.23	0.92	1.00	0.47	0.03	0.05	0.03	0.95	0.77	0.50	0.50
st/grof	0.07	0.52	0.47	1.00	0.01	0.01	0.01	0.54	0.32	0.17	0.17
grof/st	0.25	0.02	0.03	0.01	1.00	0.38	0.43	0.08	0.04	0.07	0.07
fijn/grof	0.57	0.03	0.05	0.01	0.38	1.00	0.87	0.17	0.09	0.18	0.18
grof/fijn	0.47	0.02	0.03	0.01	0.43	0.87	1.00	0.12	0.06	0.12	0.12
grof/s tvert	0.40	0.90	0.95	0.54	0.08	0.17	0.12	1.00	0.87	0.66	0.66
grof binnen/fijn buiten	0.34	0.68	0.77	0.32	0.04	0.09	0.06	0.87	1.00	0.71	0.71
fijn binnen/grof buiten	0.53	0.42	0.50	0.17	0.07	0.18	0.12	0.66	0.71	1.00	1.00
Plant hoogte van af		Significantietests									
(n=25)		T-test resultaten (2-Tail-Two-sample equal variance T-Test)									
st	fijn	gof	s/grof	grof/st	fijn/grof	grof/fijn	grof/s tvert	grof binnen/fijn buiten	fijn binnen/grof buiten		
st	1.00	0.84	0.93	0.39	0.34	0.95	0.75	0.31	0.14	0.07	0.07
fijn	0.84	1.00	0.75	0.55	0.26	0.79	0.58	0.43	0.22	0.12	0.12
grof	0.93	0.75	1.00	0.24	0.31	0.99	0.79	0.21	0.07	0.02	0.02
st/grof	0.39	0.55	0.24	1.00	0.06	0.35	0.16	0.74	0.37	0.20	0.20
grof/st	0.34	0.26	0.31	0.06	1.00	0.35	0.40	0.05	0.02	0.01	0.01
fijn/grof	0.95	0.79	0.99	0.35	0.35	1.00	0.80	0.27	0.12	0.06	0.06
grof/fijn	0.75	0.58	0.79	0.16	0.40	0.80	1.00	0.13	0.04	0.01	0.01
grof/s tvert	0.31	0.43	0.21	0.74	0.05	0.27	0.13	1.00	0.65	0.46	0.46
grof binnen/fijn buiten	0.14	0.22	0.07	0.37	0.02	0.12	0.04	0.65	1.00	0.80	0.80
fijn binnen/grof buiten	0.07	0.12	0.02	0.20	0.01	0.06	0.01	0.46	0.80	1.00	1.00
Plant opp zijanzicht		Significantietests									
(n=25)		T-test resultaten (2-Tail-Two-sample equal variance T-Test)									
st	fijn	gof	s/grof	grof/st	fijn/grof	grof/fijn	grof/s tvert	grof binnen/fijn buiten	fijn binnen/grof buiten		
st	1.00	0.86	0.10	0.12	0.74	0.17	0.02	0.10	0.25	0.00	0.00
fijn	0.86	1.00	0.29	0.29	0.93	0.36	0.11	0.22	0.48	0.01	0.01
grof	0.10	0.29	1.00	0.97	0.23	0.85	0.45	0.70	0.58	0.02	0.02
st/grof	0.12	0.29	0.97	1.00	0.24	0.83	0.50	0.73	0.58	0.04	0.04
grof/st	0.74	0.93	0.23	0.24	1.00	0.33	0.07	0.19	0.46	0.00	0.00
fijn/grof	0.17	0.36	0.85	0.83	0.33	1.00	0.37	0.59	0.75	0.02	0.02
grof/fijn	0.02	0.11	0.45	0.50	0.07	0.37	1.00	0.84	0.20	0.14	0.14
grof/s tvert	0.10	0.22	0.70	0.73	0.19	0.59	0.84	1.00	0.42	0.18	0.18
grof binnen/fijn buiten	0.25	0.48	0.58	0.58	0.46	0.75	0.20	0.42	1.00	0.00	0.00
fijn binnen/grof buiten	0.00	0.01	0.02	0.04	0.00	0.02	0.14	0.18	0.00	1.00	1.00
Bloem opp		Significantietests									
(n=25)		T-test resultaten (2-Tail-Two-sample equal variance T-Test)									
st	fijn	gof	s/grof	grof/st	fijn/grof	grof/fijn	grof/s tvert	grof binnen/fijn buiten	fijn binnen/grof buiten		
st	1.00	0.93	0.89	0.19	0.14	0.01	0.38	0.88	0.22	0.09	0.09
fijn	0.93	1.00	0.97	0.20	0.11	0.01	0.32	0.95	0.24	0.09	0.09
grof	0.89	0.97	1.00	0.16	0.07	0.00	0.25	0.98	0.20	0.06	0.06
st/grof	0.19	0.20	0.16	1.00	0.00	0.09	0.02	0.19	0.81	0.55	0.55
grof/st	0.14	0.11	0.07	0.00	1.00	0.00	0.42	0.07	0.01	0.00	0.00
fijn/grof	0.01	0.01	0.00	0.09	0.00	1.00	0.00	0.01	0.31	0.30	0.30
grof/fijn	0.38	0.32	0.25	0.02	0.42	0.00	1.00	0.24	0.03	0.00	0.00
grof/s tvert	0.88	0.95	0.98	0.19	0.07	0.01	0.24	1.00	0.21	0.07	0.07
grof binnen/fijn buiten	0.22	0.24	0.20	0.81	0.01	0.31	0.03	0.21	1.00	0.83	0.83
fijn binnen/grof buiten	0.09	0.09	0.06	0.55	0.00	0.30	0.00	0.07	0.83	1.00	1.00
Wortel opp.		Significantietests									
(n=5)		T-test resultaten (2-Tail-Two-sample equal variance T-Test)									
standaard	fijn	gof	s/grof	g/st	f/g	gf	cl f binnen g buiten	cl f binnen g buiten	cl f binnen g buiten		
standaard	1.00	0.09	0.17	0.39	0.30	0.95	0.21	0.02	0.37		
fijn	0.09	1.00	0.00	0.00	0.00	0.07	0.43	0.00	0.62		
grof	0.17	0.00	1.00	0.34	0.47	0.18	0.01	0.19	0.05		
st/g	0.39	0.00	0.34	1.00	0.73	0.42	0.01	0.01	0.09		
g/st	0.30	0.00	0.47	0.73	1.00	0.32	0.01	0.02	0.07		
f/g	0.95	0.07	0.18	0.42	0.32	1.00	0.18	0.02	0.34		
gf	0.21	0.43	0.01	0.01	0.01	0.18	1.00	0.00	1.00		
cl f binnen g buiten	0.02	0.00	0.19	0.01	0.02	0.02	0.00	1.00	0.01		
cl g binnen f buiten	0.37	0.62	0.05	0.09	0.07	0.34	1.00	0.01	1.00		
Vochthe		Significantietests									
(n=5)		T-test resultaten (2-Tail-Two-sample equal variance T-Test)									
st	fijn	gof	s/grof	grof/st	fijn/grof	grof/fijn	grof/s tvert	grof binnen/fijn buiten			
st	1.00	0.92	0.02	0.01	0.25	0.00	0.00	0.46	0.08		
fijn	0.92	1.00	0.03	0.02	0.34	0.01	0.00	0.55	0.10		
grof	0.02	0.03	1.00	0.54	0.06	0.81	0.51	0.05	0.00		
st/grof	0.01	0.02	0.54	1.00	0.07	0.62	0.08	0.05	0.00		
grof/st	0.25	0.34	0.06	0.07	1.00	0.02	0.00	0.75	0.01		
fijn/grof	0.00	0.01	0.81	0.62	0.02	1.00	0.21	0.02	0.00		
grof/fijn	0.00	0.00	0.51	0.08	0.00	0.21	1.00	0.00	0.00		
grof/s tvert	0.46	0.55	0.05	0.05	0.75	0.02	0.00	1.00	0.03		
grof binnen/fijn buiten	0.08	0.10	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.03	1.00		

7.2 Monstera

Correlaties tussen de verschillende parameters bij monstera zijn weergegeven in de onderstaande tabel en grafieken.



Onderstaande tabel geeft de statistische significaties van verschillen tussen verschillende parameters bij Monstera planten op de verschillende (zone-)substraten $\alpha < 0.05$ = significant

gewicht				
Significante tests				
T-test resultaat en (2-Tail-Two-sample equal variance T-Test)				
(n=20)	standaard	fijn boven/grof onder	grof boven/fijn onder	grof
standaard	1	0.000	0.059	0.000
fijn boven/grof onder	0.000	1	0.000	0.122
grof boven/fijn onder	0.059	0.000	1	0.000
grof	0.000	0.122	0.000	1
bovengronds				
Significante tests				
T-test resultaat en (2-Tail-Two-sample equal variance T-Test)				
(n=20)	standaard	grof onder/fijn boven	fijn onder/grof boven	grof
standaard	1	0.368	0.000	0.005
fijn boven/grof onder	0.368	1	0.001	0.008
grof boven/fijn onder	0.000	0.001	1	0.790
grof	0.005	0.008	0.790	1
luchtwortels				
Significante tests				
T-test resultaat en (2-Tail-Two-sample equal variance T-Test)				
(n=20)	standaard	grof onder/fijn boven	fijn onder/grof boven	grof
standaard	1	0.001	0.002	0.002
fijn boven/grof onder	0.001	1	0.346	0.289
grof boven/fijn onder	0.002	0.346	1	0.873
grof	0.002	0.289	0.873	1
WG				
Significante tests				
T-test resultaat en (2-Tail-Two-sample equal variance T-Test)				
(n=20)	standaard	grof onder/fijn boven	fijn onder/grof boven	grof
standaard	1	0.000	0.014	0.000
fijn boven/grof onder	0.000	1	0.000	0.208
grof boven/fijn onder	0.014	0.000	1	0.000
grof	0.000	0.208	0.000	1
EC				
Significante tests				
T-test resultaat en (2-Tail-Two-sample equal variance T-Test)				
(n=20)	standaard	grof onder/fijn boven	fijn onder/grof boven	grof
standaard	1	0.145	0.000	0.001
fijn boven/grof onder	0.145	1	0.000	0.083
grof boven/fijn onder	0.000	0.000	1	0.000
grof	0.001	0.083	0.000	1
netto plant gewicht				
Significante tests				
T-test resultaat en (2-Tail-Two-sample equal variance T-Test)				
(n=20)	standaard	grof onder/fijn boven	fijn onder/grof boven	grof
standaard	1	0.368	0.059	0.518
fijn boven/grof onder	0.368	1	0.146	0.058
grof boven/fijn onder	0.059	0.146	1	0.013
grof	0.518	0.058	0.013	1
netto luchtwortel gewicht				
Significante tests				
T-test resultaat en (2-Tail-Two-sample equal variance T-Test)				
(n=20)	standaard	grof onder/fijn boven	fijn onder/grof boven	grof
standaard	1	0.001	0.058	0.088
fijn boven/grof onder	0.001	1	0.183	0.024
grof boven/fijn onder	0.058	0.183	1	0.535
grof	0.088	0.024	0.535	1
netto kluit gewicht				
Significante tests				
T-test resultaat en (2-Tail-Two-sample equal variance T-Test)				
(n=20)	standaard	grof onder/fijn boven	fijn onder/grof boven	grof
standaard	1	0.000	0.000	0.000
fijn boven/grof onder	0.000	1	0.000	0.412
grof boven/fijn onder	0.000	0.000	1	0.000
grof	0.000	0.412	0.000	1
planthoogte				
Significante tests				
T-test resultaat en (2-Tail-Two-sample equal variance T-Test)				
(n=20)	standaard	fijn boven/grof onder	grof boven/fijn onder	grof
standaard	1	0.628	0.813	0.125
fijn boven/grof onder	0.628	1	0.763	0.034
grof boven/fijn onder	0.813	0.763	1	0.045
grof	0.125	0.034	0.045	1
plantbreedte				
Significante tests				
T-test resultaat en (2-Tail-Two-sample equal variance T-Test)				
(n=20)	standaard	fijn boven/grof onder	grof boven/fijn onder	grof
standaard	1	0.314	0.085	0.905
fijn boven/grof onder	0.314	1	0.357	0.268
grof boven/fijn onder	0.085	0.357	1	0.070
grof	0.905	0.268	0.070	1
aspect ratio (h/b)				
Significante tests				
T-test resultaat en (2-Tail-Two-sample equal variance T-Test)				
(n=20)	standaard	fijn boven/grof onder	grof boven/fijn onder	grof
standaard	1	0.338	0.403	0.372
fijn boven/grof onder	0.338	1	0.997	0.882
grof boven/fijn onder	0.403	0.997	1	0.895
grof	0.372	0.882	0.895	1
plantoppervlak				
Significante tests				
T-test resultaat en (2-Tail-Two-sample equal variance T-Test)				
(n=20)	standaard	fijn boven/grof onder	grof boven/fijn onder	grof
standaard	1	0.895	0.194	0.783
fijn boven/grof onder	0.895	1	0.138	0.668
grof boven/fijn onder	0.194	0.138	1	0.262
grof	0.783	0.668	0.262	1