



Fytagoras BV
Sylviusweg 72
2333 BE Leiden

Postbus 546
2300 AM Leiden

Telefoon: 071 5274742
Fax : 071 5275085

Onderzoek naar beworteling met Gerbera als modelgewas

PT projectnummer 13785
PT projecttitel "Wortelfunctionaliteit"

Datum 23 November 2010
Auteur(s) Marco Vennik - Fytagoras
Bert van Duijn - Fytagoras
Hans Verhagen - RHP
Rob Baas – Fytofocus
Pieter Berkers - Cutilène

Exemplaarnummer 1
Oplage 1
Aantal pagina's 55

Project partners:



Gefinancierd door:



Inhoudsopgave

1	Inleiding	3
1.1	Probleemstelling.....	3
1.2	Doelstelling(en) en afbakening	3
1.3	Te bereiken resultaten	4
1.4	Mate van toepassing	4
2	Materiaal en Methoden	5
2.1	Proefopzet	5
2.1.1	Zandbedden	5
2.1.2	Steenwol.....	6
2.1.3	Split root	7
2.2	Plant materiaal	10
2.3	Opgroeiconditie en watergift	11
2.4	Metingen.....	11
3	Resultaten en Discussie	13
3.1	Zandbedden - proef 1.....	13
3.2	Steenwol.....	21
3.2.1	Steenwol - proef 2A.....	21
3.2.2	Steenwol - proef 2B.....	29
3.3	Split-root	32
3.3.1	Split-root fijn en grof kokos - proef 3A.....	32
3.3.2	Split-root steenwol en kokos - proef 3B	41
4	Algemene discussie	49
5	Bijlages	51
5.1	Bijlage 1: Voedingsmedium samenstelling	51
5.2	Bijlage 2: Klimaat gegevens.....	52
5.3	Bijlage 3: Proefschema's.....	54
6	Literatuur	55

1 Inleiding

1.1 Probleemstelling

Voor een optimale groei van planten is een goed functionerend wortelstelsel essentieel. Er is echter nog veel onbekend over de groei, aanpassingsvermogen en functioneren van wortels onder verschillende teeltomstandigheden. In de praktijk komen bij de opkweek en doorgroei problemen voor die samenhangen met het wortelmilieu. Voorbeelden hierbij zijn:

- bij Gerbera en roos sterft bij de plaatsing van uitgangsmateriaal op steenwolmatten of potten soms een deel van de wortels af
- bij teelt van chrysanthe groeien stekken vanuit de (compacte) perspot soms niet goed weg, waardoor wortelziekten kunnen optreden. Bij chrysanthe in de mobiele teelt ondervindt men problemen met de beworteling van stek waardoor uitval plaats vindt
- bij Phalaenopsis kan groeistagnatie na oppotten plaats vinden omdat wortels kaal omgepot worden. Problemen bij de beworteling zijn een beperkende factor voor de omschakeling naar, voor automatisering wenselijke, pluggen opkweek.

Gevolg bij deze gewassen kan zijn dat de uniformiteit te wensen overlaat, en soms uitval kan optreden. In verband met deze problematiek en wortelfunctioneren in het algemeen is in opdracht van het Productschap Tuinbouw een consultancy opdracht uitgevoerd met de titel "Verkennde studie wortelfunctie", PT projectnummer 13113.24. In de consultancy is onderzocht wat er bekend is, en waar het aan praktijkgerichte en voor praktijkoplossingen relevante kennis ontbreekt.

Hierbij is de focus op de overgang van jong plantmateriaal (opkweek) naar teelt geweest.

De voorlopige bevindingen en vragen in deze consultancy t.a.v. het ingroeien en functioneren van wortels zijn als volgt;

- De teeltcondities tijdens stekbeworteling/opkweek en teelt zijn vaak niet goed op elkaar afgestemd, waardoor de weggroei bij de teler niet optimaal verloopt.
- Wisselingen in vochtgehalte c.q. zuurstofvoorziening van het groeimedium, spelen - in samenhang met de bovengrondse klimaatomstandigheden en watergift - waarschijnlijk vaak een belangrijke rol bij het al dan niet optreden van wortelproblemen.

De volgende kennisvragen kwamen uit de consultancy naar voren:

- Zorgt een stabiel vochtgehalte zonder grote fluctuaties voor de beste wortelgroei en – activiteit?
- Is er een optimaal zuurstofgehalte en een optimaal vochtgehalte te benoemen, en hoe kunnen we dat handhaven
- Wat is de rol van het bewortelbaar volume en indringweerstand op de wortelgroei en – activiteit?
- In hoeverre passen wortels zich aan bij een plotseling sterk veranderend wortelmilieu (bv. verhoging vochtgehalte), en hoe snel gebeurt dit?
- In hoeverre veranderen wortels hun omgeving, en wat is het gevolg?
- Is de wortelgroei te beïnvloeden, en zo ja, wat zijn hiervan de eventuele bovengrondse effecten?
- Hoeveel wortels heeft een gewas werkelijk nodig?
- Wat is de activiteit van de zichtbaar verschillende wortels (lucht- en waterwortels)?
- Zijn problemen met wortelgroei vroegtijdig te detecteren (bv. bovengrondse plantreactie)?
- Zijn er aanpassingen mogelijk in het substraat waardoor de verticale verschillen in lucht/water verhouding verminderd wordt?

1.2 Doelstelling(en) en afbakening

De problematiek (lees; gebrek aan kennis) over de relatie tussen daadwerkelijke wortelgroei en - functioneren in relatie tot de omstandigheden in het wortelmilieu gelden in meer of mindere mate voor alle gewassen. In dit project richten we ons in het onderzoek jn eerste instantie op gerbera, maar de

toepassing is sectorbreed. Dit onderzoek is in eerste instantie gericht op het verkrijgen van inzicht; wat is de wortelreactie op variatie in **vochtgehalten** en **substraatvolume** en wat zijn optimale condities? Hierbij wordt onderzocht in welke mate wortelgroei afhangt van het vochtgehalte c.q. zuurstofvoorziening, en of aanpassingen en/of compensatie door andere delen van het wortelgestel plaats vinden.

Doel van het project is om te onderzoeken in hoeverre de wortelgroei en bovengrondse plantendelen (productie) reageren op het vochtgehalte (en wisselingen hierin) en op beschikbaar substraatvolume. In tweede instantie is het onderzoek gericht op het optimaliseren van het substraat; zijn er aanpassingen mogelijk die een positief effect op de beworteling hebben.

1.3 Te bereiken resultaten

Inzicht in de snelheid en type van beworteling, aanpassingsvermogen en tolerantie en functioneren van wortels onder verschillende omstandigheden (vochtgehalte, zuurstofvoorziening, beschikbaar substraatvolume). Dit zal leiden naar concrete adviezen voor een optimaal substraat, en te hanteren vochtgehalten in de teelt.

1.4 Mate van toepassing

Hoewel gewerkt werd met het “modelgewas” gerbera, is de verwachting dat de gevonden relaties tussen wortelgroei en omgevingsfactoren gelden voor nagenoeg alle tuinbouwkundige gewassen.

2 Materiaal en Methoden

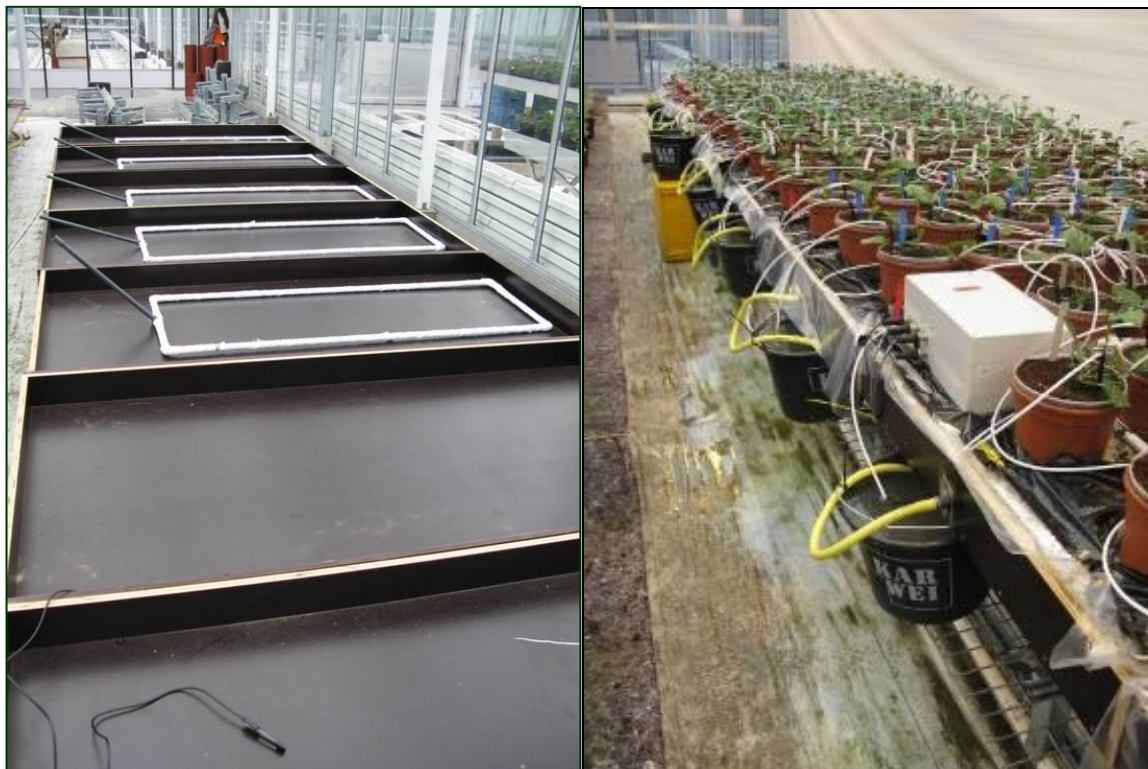


Figuur 1. Proefkas met 5 weken oude Gerbera's in de demokwekerij.

2.1 Proefopzet

2.1.1 Zandbedden

In **proef 1** werden planten geteeld op potten met fijn kokos als substraat (van der Knaap Group of companies), waarbij er twee constante en drie wisselende vochtgehalten werden aangelegd tijdens de teelt van Gerbera's, door gebruik te maken van zandbedden (zie Figuur 2). Deze zandbedden bestonden uit een watervast multiplex houten bak van twee bij een meter en 25 cm hoog, met daarin een PVC pijpen drainage systeem met gaatjes onderin en omwikkelt, in eerste instantie met katoenen doek en in tweede instantie met worteldoek. Dit drainage systeem liep uit aan de voorkant van de bak en stond via een stuk tuinslang in verbinding met een emmer met water. Deze emmer was in hoogte verstelbaar en regelde de onderdruk die werd gecreëerd in het bed. Het drainage systeem werd bedekt met fijn zilver zand, een laag wit worteldoek en weer een laagje fijn zand. Het zandbed werd vervolgens verzadigd met water, waarna de potten erop werden geplaatst.



Figuur 2. Zandbedden tijdens het opbouwen (links) en zandbedden met Gerbera planten erop (rechts).

Omdat in dit experiment het substraat zowel heel nat als droog gehouden moest kunnen worden, werd er gekozen voor fijn kokos als substraat. Fijn kokos kan zowel droog als heel nat worden gehouden, met een redelijk homogene vochtverdeling binnen de pot. Grof kokos kan niet heel nat gehouden worden en steenwol heeft een meer heterogene vochtverdeling in de hoogte van de pot.

Bij de start van het experiment werden er 27 planten (op 2,5L fijn kokos substraat) per zandbed neergezet en er waren 10 zandbedden. Elke plant had een druppelaar en er werd tot wel 12 keer of meer per dag water gegeven. Dit werd gedaan om het bed niet te ver droog te laten vallen door intering. Door uitdroging zou het drainage systeem verstopt kunnen raken met luchtballen en het was in deze proef niet gewenst om het vocht in de potten te fluctueren, maar juist vlak te houden.

Het vochtgehalte in de potten werd gevarieerd door de onderdruk te variëren in het zandbedden systeem. Dit werd gedaan door de emmers waar het drainage systeem in uit komt lager te hangen tov de bovenkant van het zand nivo in de bak. Des te lager de emmer hing, des te meer trok het zandbed aan het vocht in de potten die erop stonden. Ze werden droger naarmate de emmer lager hing en natter naarmate de emmer hoger hing. Wanneer het wateroppervlak in de emmer op hetzelfde nivo hing als het oppervlak van het zandbed, waren de potten het natst. Op deze manier was het vochnivo in de potten met fijn kokos substraat te regelen van ongeveer 55% bij -25cm drukhoogte verschil tot 80% bij 0cm drukhoogte verschil.

Er werden in totaal vijf vochtcondities aangelegd. Allereerst twee condities met continue vochtgehaltes: hoog (+/-80% V/V) en laag (+/-55% V/V) water. En daarnaast drie condities waarbij alternerend natte en droge condities werden aangelegd, met tussenpozen van 2-3 weken.

2.1.2 Steenwol

In **proef 2A** werden planten geteeld op potten met steenwol, waarbij de rol van het beschikbaar substraatvolume werd onderzocht. Ook het belang van zuurstof voor inworteling werd hier onderzocht.

De factor substraatvolume werd onderzocht door de hoeveelheid substraat in een pot te verminderen zonder het potvolume te verminderen. Dit kon gebeuren door in 13cm hoge ronde steenwol potten, PVC buizen (verticaal) in te brengen die het substraat volume verminderde met 27% (zie rechtsonder Figuur 3). Daarnaast werden er met een boor verticale kanalen in de steenwol pot gemaakt waardoor luchtkanalen ontstonden (zie linksonder in Figuur 3); het idee hierachter was dat de

zuurstofvoorziening in de steenwol potten rondom dit kanaal en in dit kanaal verbeterd zou worden. Alle steenwol potten en de modificaties van de potten werden gemaakt en geleverd door Cultilène.

Details steenwolpotten:

GerberaContainerBlok: 133 mm hoog en 154 mm diameter (2.2L).

Pluggat in het midden: diameter x hoogte = 46 x 35 mm.

Overige 10 gaten (door de hele hoogte van het blok heen geboord): diameter x hoogte = 25 x 133 mm (overgebleven substraatvolume: 1.6L, totale inhoud: 2.2L)

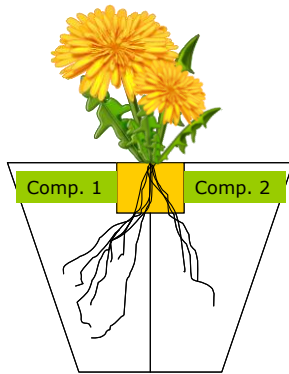


Figuur 3. Steenwolpotten die werden getest in dit project. Linksboven is de controle pot te zien, met in het midden het plantgat voor een steenwolplug met jonge plant. In de steenwol pot boven in het midden, zijn rond het plantgat tien gaten gemaakt (zie ook linksonder). In de steenwolpot rechtsboven zijn in die 10 gaten rondom, PVC pijpjes geplaatst (zie ook middenonder). Rechtsonder is een opname vlak voor de planten op de steenwolpotten werden gezet.

In **proef 2B** werd een deel van proef 2A herhaald, met als aanpassing dat nu de steenwol potten werden afgedekt met plastic folie tegen uitdroging en lichtinval.

2.1.3 Split root

In **proef 3** werden planten opgegroeid in een zgn. “split-root” systeem (zie Figuur 4), waarbij een jonge plant op 2 fysiek gescheiden compartimenten werd gezet. In potten met twee compartimenten werden verschillende combinaties van substraten aangebracht. Door de jonge plant op het grensvlak te positioneren, werd de voorkeur van de jonge plant voor een bepaalde wortelomgeving en de wortelontwikkeling in de compartimenten bestudeerd. Hiermee werd het aanpassingsvermogen en de tolerantie van wortels onderzocht.



Figuur 4. Schematische weergave van split-root systeem waarmee het aanpassingsvermogen en tolerantie van wortels onderzocht kan worden in verschillende compartimenten.

In **proef 3A** werd het effect van grof en fijn kokos substraat getest (§3.3.1): 2,5L potten (Figuur 5) waarbij de ene helft kokos substraat met een fijne structuur kregen, en de andere helft een grove fractie (zie Figuur 6). De doorzichtige pot was bedoeld om de wortelgroei te kunnen zien zonder de plant uit de pot te halen, maar in de praktijk werden de planten toch uit de pot gehaald omdat de wortel zichtbaarheid tegenviel. In totaal werden 5 maal 50 potten ingezet. De wortelgroei werd hierbij gevolgd in de substraten, in vergelijking met controlepotten waarbij geen verschil in substraattypen werd gebruikt.



Figuur 5. Weergave van de 2,5L doorzichtige binnenpot met in de binnenpot een trespaschot. Om de doorzichtige binnenpot bevond zich tijdens de experimenten een 3L ondoorzichtige buitenpot.

Er werden regelmatig analyses uitgevoerd. Eerst werden de vochtgehalten en EC waarden in de substraten bepaald. In deze proef werden de wortels eerst visueel beoordeeld en vervolgens uitgerepareerd om het versgewicht te bepalen van de wortelstelsels. De wortelstelsels werden in emmers met water uitgerepareerd, waarbij het kokos zo voorzichtig mogelijk werd weggewassen. Na het uitgerepareren van de wortels, werden de wortels drooggedept met papieren tissues, waarna de wortels (voornamelijk penwortels) aan de hand van een mal onder de wortelpruik werden afgesneden (verwijderen van stengelbasis) en gewogen.

In **proef 3B** werd het effect van fijn en grof kokos in combinatie met steenwol bestudeerd (§3.3.2). Ook in dit experiment werden bij beoordeling eerst de vochtgehalten en EC-waarden in de substraten bepaald, waarna de planten en wortels werden bekeken, gefotografeerd en gewogen. Het isoleren van wortels uit steenwol is zeer lastig of onmogelijk. Daarom werd er in deze proef voor gekozen om alle drooggewichten te bepalen van alle substraat fracties in de compartimenten van de potten, aan het begin en aan het eind van een teeltperiode.

Bij deze split-root proef werd geen gebruik gemaakt van tussenschotjes tussen het kokos en steenwol. Dit was ten eerste niet nodig, vanwege de stevigheid van het steenwol, en ten tweede maakt het ook wortelmigratie mogelijk en heeft de plant een grotere keuzemogelijkheid om te beslissen waar de wortels moeten groeien.




Figuur 6. Voorbeelden van de twee uitgevoerde split root proeven. Op de linker foto is links van de split de fijn kokos fractie en rechts de grof kokos fractie (proef 3A). In de rechter foto zit in het ene compartiment de grove kokos fractie en in het andere de steenwol fractie (proef 3B).

Om de drooggewichten van de wortels te bepalen werden bij aanleg van de proef eerst het percentage drooggewicht van de steenwolpotten bepaald met een aantal test potten, door ze te verhitten tot 105 graden Celsius en te wegen (voor en na verhitten). Ook van het grove en fijne kokos substraat van Holland Potgrond en van de steenwolpluggen met jonge plantjes, werd van te voren van testsamples de percentages drooggewicht bepaald. Alle steenwol fracties werden individueel gewogen voor ze de terracotta 3L pot in gingen, die allen een gelijk gewicht hadden. Daarna volgde de grove en fijne kokos fracties die naast de steenwolfracties werden geschept. De pot werd in het geheel gewogen zodat het gewicht van het kokos ook bekend is. Uit deze gewichten kunnen de drooggewichten van de substraatfracties worden berekend. Na de wegingen gingen de jonge plantjes in steenwol plug op de pot.

Bij de beoordelingen later in de teelt, werden de wortelkluiten in de pot, zonder bovengrondse delen naar het laboratorium vervoerd, waar ze in de droogstoof vijf dagen werden gedroogd bij 105 graden Celsius. Na het drogen van de gehele kluit, werden de fracties van elkaar los gemaakt en apart gewogen. Op deze manier kon de toename van het drooggewicht van de substraatfractie worden bepaald, die toe te rekenen valt aan wortelgroei.

2.2 Plant materiaal

Het plantmateriaal bestond uit jonge Gerbera plantjes die gestekt, gegroeid en geleverd werden door Schreurs BV.

	
Product	Gerbera
Flower type	Cutflower
VBN-code	25560
Tradename	Bison®
Denomination	Bison
Breeder	Schreurs
Flower type	Mini
Flower colour	Orange
Flowercentre colour	Black
flower size	6 - 8 cm
Stem length	60 - 70 cm
Vaselife	14 - 16 Days
Nr of flower production, soil without assimilation	490-530
Nr of flower production, substrate assimilation	580-620

Figuur 7. Details van de gebruikte Gerbera planten in ons onderzoek. Deze informatie en foto komen van de website van Schreurs BV.

Voor de split-root experimenten met kokos werden er jonge planten op Jiffy plug gebruikt (zie Figuur 8). Voor experimenten met steenwol werden er jonge planten op steenwolplug gebruikt (zie Figuur 9).



Figuur 8. Jonge Gerbera planten op Jiffy pluggen.



Figuur 9. Jonge Gerbera planten op steenwol pluggen.

2.3 Opgroeicondities en watergift

De opgroeicondities werden nauwgezet ingesteld en gecontroleerd door Ary de Jong van de demokwekerij. Alle klimaatinstelling en teelt handelingen gingen zoveel mogelijk conform de praktijk situatie (zie §5.2. voor gemeten klimaat gegevens) Hierbij hield Ary nauw contact met Mathieu van Holstein van Holstein Flowers, een ervaren Gerbera teler. Mathieu kwam regelmatig kijken naar het gewas en gaf daarbij adviezen over de teelt. Dit leidde tot een buitengewoon mooi gewas, dat er volgens Mathieu zelfs “te mooi” bijstond; vegetatief, veel blad. De bloemen productie was echter vergelijkbaar aan praktijkomstandigheden.

De samenstelling van de voedingsoplossing voor steenwol en kokos is te vinden in bijlage 1 (§5.1). In de zandbedden proef kreeg elke pot één druppelaar. In de steenwol proeven kregen de potten ieder twee druppelaars. De potten van de split-root proeven kregen ook twee druppelaars per pot, één in ieder compartiment. Ook de controle potten zonder split kregen bij deze proeven een dubbele druppelaar.

Er werd bij de steenwol en split-root experimenten gestuurd op 30% drain. Bij de split-root werd gestuurd op 30% drain uit de fijne kokosfractie. De grove kokosfracties draineerde meer.

2.4 Metingen

In alle proeven werden watergehalte en EC gemeten. Bij de proeven waarbij we het effect van het vochtgehalte onderzocht werd, werden zuurstofgehalte (zie Figuur 10), watergehaltes en temperatuur continu gemeten. Ook bij de proefonderdelen waarbij het effect van substraatvolume en het aanpassingsvermogen onderzocht werden, werden zuurstof- en watergehaltes en temperatuur continu gemeten. Bij de zuurstof metingen was 21% de maximale hoeveelheid zuurstof in water (21% zuurstof, 79% stikstof).

Watergehaltes en EC werden bij de split-root en steenwol proeven, driemaal gevolgd door puntmetingen: bij aanvang van de proef, middenin de proef en aan het eind van de proefperiode. Na de puntmetingen werden de wortel- en plantontwikkeling gemonitord, door de wortelontwikkeling visueel te beoordelen op bijzonderheden/verschillen en de wortelstelsels werden gefotografeerd. Vervolgens werd de wortelontwikkeling destructief bepaald door de wortels te wegen.

In het wortelmilieu werd verder incidenteel nitriet gemeten dat - als tussenproduct van de denitrificatie - een indicator voor het optreden van zuurstofgebrek kan zijn. Bovengronds werd de gewasreactie gevolgd d.m.v. productiemetingen (bloemen tellen). Gedurende de zomerperiode werd gedurende enkele weken de bladdikte continu gemeten als indicator voor celspanning.

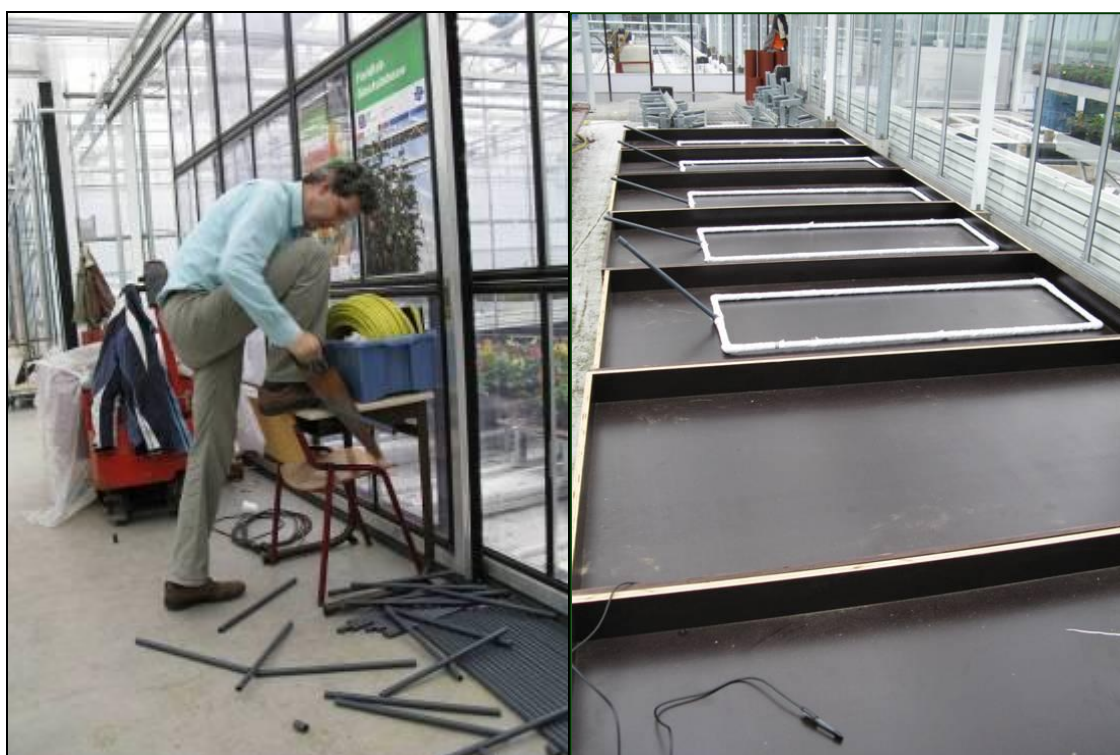


Figuur 10. Bovenaanzicht van Gerbera planten op fijn kokos op zandbedden. Onderaan de foto is een zuurstof meetbox te zien, waaruit 20 fibers komen die de zuurstof in het substraat meten.

3 Resultaten en Discussie

3.1 Zandbedden - proef 1

Zoals beschreven in §2.1.1, werden in proef 1 de drainage systemen van de zandbedden in eerste instantie omwikkeld met katoenen doeken (zie Figuur 11). Bij aanvang van het experiment functioneerden de zandbedden zoals gewenst, echter na een maand begonnen de drainage systemen verstopt te raken met zand. Na verloop van tijd functioneerde geen enkel bed naar behoren. De planten gingen in kwaliteit achteruit doordat de potten te nat waren. Op dat moment is besloten de zandbedden te ontmantelen en de aangetaste planten te verwijderen. Tijdens het ontmantelen bleken de katoenen doeken in staat van ontbinding te zijn, waardoor er zand in het drainage systeem heeft kunnen komen.



Figuur 11. Hans Verhagen aan het werk aan het zandbedden drainage systeem (links) en rechts een vijftal zandbedden (nog zonder zand) waar het met doek omwikkelde drainage systeem ligt.

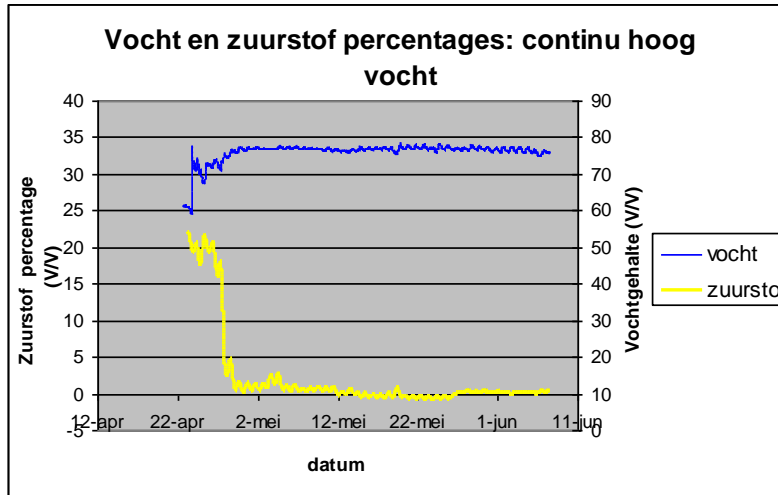
Alle drainage systemen werden schoongemaakt en opnieuw omwikkeld, alleen nu met worteldoek (plastic). Na het weer functioneel maken van de zandbedden, werden er weer Gerbera planten opgezet die allemaal vergelijkbaar waren in kwaliteit. De planten met de hoogste kwaliteit (mooie gezonde planten) werden in het midden van de bedden geplaatst en er werden opnieuw zuurstof en vocht sensoren ingebracht. Zo werden op elk van de tien bedden twee planten continu gemonitord. De rest van het oppervlak van de bedden werd opgevuld met randplanten.

De gereviseerde zandbedden waren gedurende de rest van het experiment functioneel en de gewenste vochtinstellingen konden worden gerealiseerd. De planten waren 6,5 maand oud toen de verschillende vochtinstellingen werden aangelegd:

- Continu heel nat (tot 80% in fijn kokos) (Figuur 12; continu hoog vocht)
- Continu vrij droog (tot 55% in fijn kokos) (Figuur 13; continu laag vocht)
- Wisselend van droog naar nat (Figuur 14; laag, hoog vocht)
- Wisselend van nat naar droog (Figuur 15; hoog, laag vocht)
- Wisselend van nat naar droog naar nat. (Figuur 16; hoog, laag, hoog vocht)

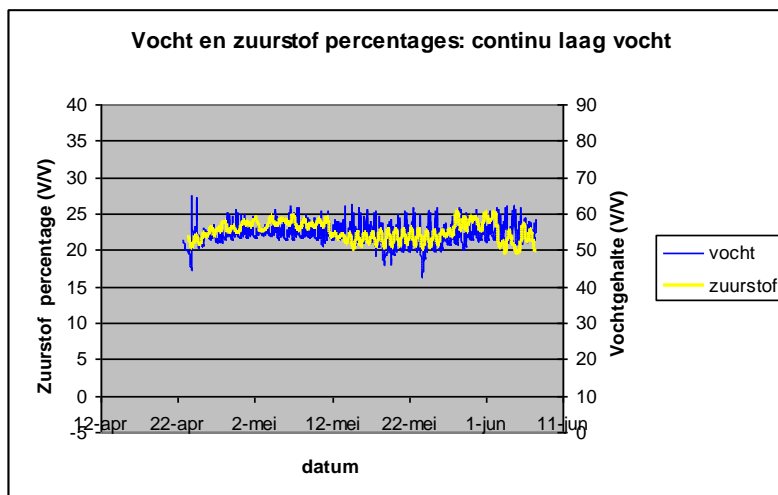
Zuurstof en vocht

Wat meteen opvalt bij Figuur 12, is het verband tussen het vochtpercentage en het zuurstofpercentages. Bij fijn kokos substraat vochtpercentages van boven de 70% gaat het zuurstofpercentage omlaag. Boven 75% vocht in het fijne kokos substraat, is het zuurstofpercentage 0%.

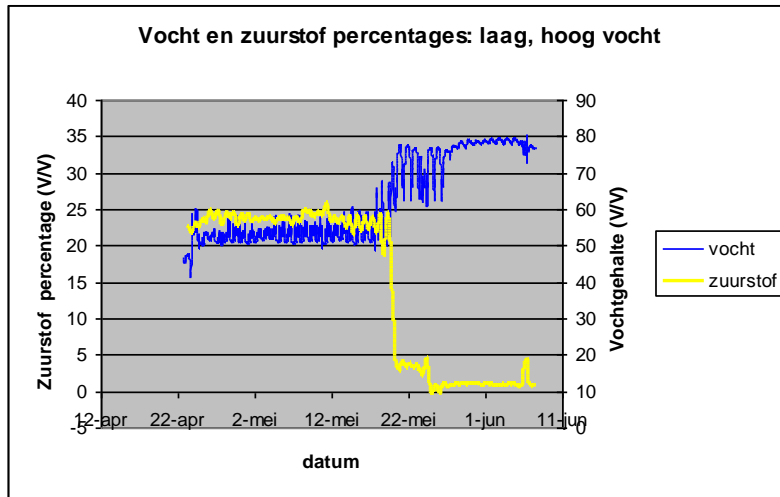


Figuur 12. Vocht en zuurstof percentages in fijn kokos substraat op een zandbed waarbij het substraat **continu "nat"** gehouden werd (+/-78%). Bij het aanleggen van het vochtregime (gedurende 45 dagen) waren de planten 6,5 maand oud.

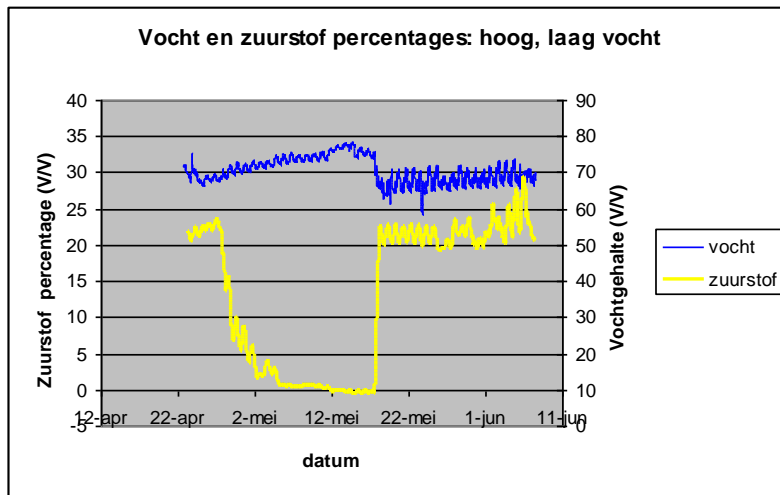
De 45 dagen continu hoog vocht instelling (Figuur 12) geeft ook continu een laag zuurstofpercentage (0%) in de pot. De 45 dagen continu laag vocht instelling (Figuur 13) geeft geen lage zuurstofpercentages. De instelling met eerst 23 dagen laag en vervolgens 22 dagen hoog vocht (Figuur 14) geeft eerst hoge zuurstofpercentages en vervolgens lage zuurstofpercentages. Eerst 23 dagen hoog vocht en vervolgens 22 dagen laag vocht (Figuur 15) geeft in de eerste periode laag zuurstof en in de tweede periode hoog zuurstof. Eerst 23 dagen nat, daarna 12 dagen droog en vervolgens nog eens 10 dagen nat (Figuur 16) geven resp. laag, hoog en laag zuurstof in de pot.



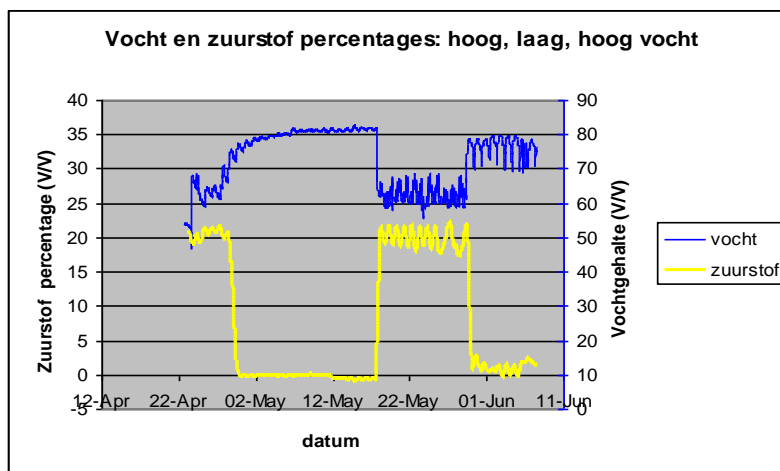
Figuur 13. Vocht en zuurstof percentages in fijn kokos substraat op een zandbed waarbij het substraat **continu "droog"** gehouden werd (+/-55%). Bij het aanleggen van vochtregime (45 dagen lang) waren de planten 6,5 maand oud.



Figuur 14. Vocht en zuurstof percentages in fijn kokos substraat op een zandbed waarbij het substraat eerst droog (23 dagen +/-55%) en vervolgens nat gehouden werd (22 dagen +/-78%). Bij het aanleggen van vochtregime (45 dagen lang) waren de planten 6,5 maand oud.



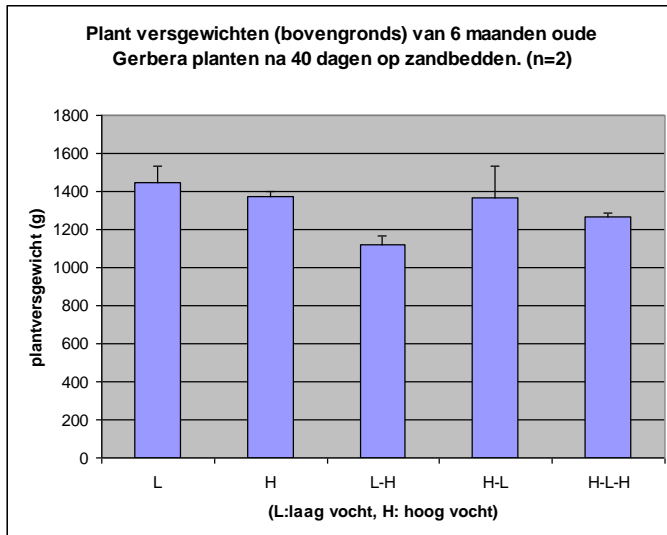
Figuur 15. Vocht en zuurstof percentages in fijn kokos substraat op een zandbed waarbij het substraat eerst nat (23 dagen +/-75%) en vervolgens droger gehouden werd (22 dagen +/-68%). Bij het aanleggen van vochtregime (45 dagen lang) waren de planten 6,5 maand oud.



Figuur 16. Vocht en zuurstof percentages in fijn kokos substraat op een zandbed waarbij het substraat eerst nat (23 dagen +/-80%), daarna droog (12 dagen +/-62%) en vervolgens weer nat (10 dagen +/-75%) gehouden werd. Bij het aanleggen van vochtregime (45 dagen lang) waren de planten 6,5 maand oud.

Na 45 dagen op de zandbedden bij de betreffende vochtinstelling te hebben gestaan, werden per zandbed de twee middelste planten geanalyseerd. In de potten van deze planten bevonden zich de vocht- en zuurstofsensoren zodat van die potten de exacte vocht- en zuurstofhuishouding bekend was. De bovengrondse delen van de planten werden gewogen (zie Figuur 17) en de wortelstelsels werden gefotografeerd (Figuur 18).

De gemiddelde gewichten van de twee middelste planten per zandbed verschilde niet erg veel tussen de behandelingen. Dit komt waarschijnlijk doordat de planten na 6,5 maand al behoorlijk volgroeid waren en er niet veel bladgewicht meer bijkwam.



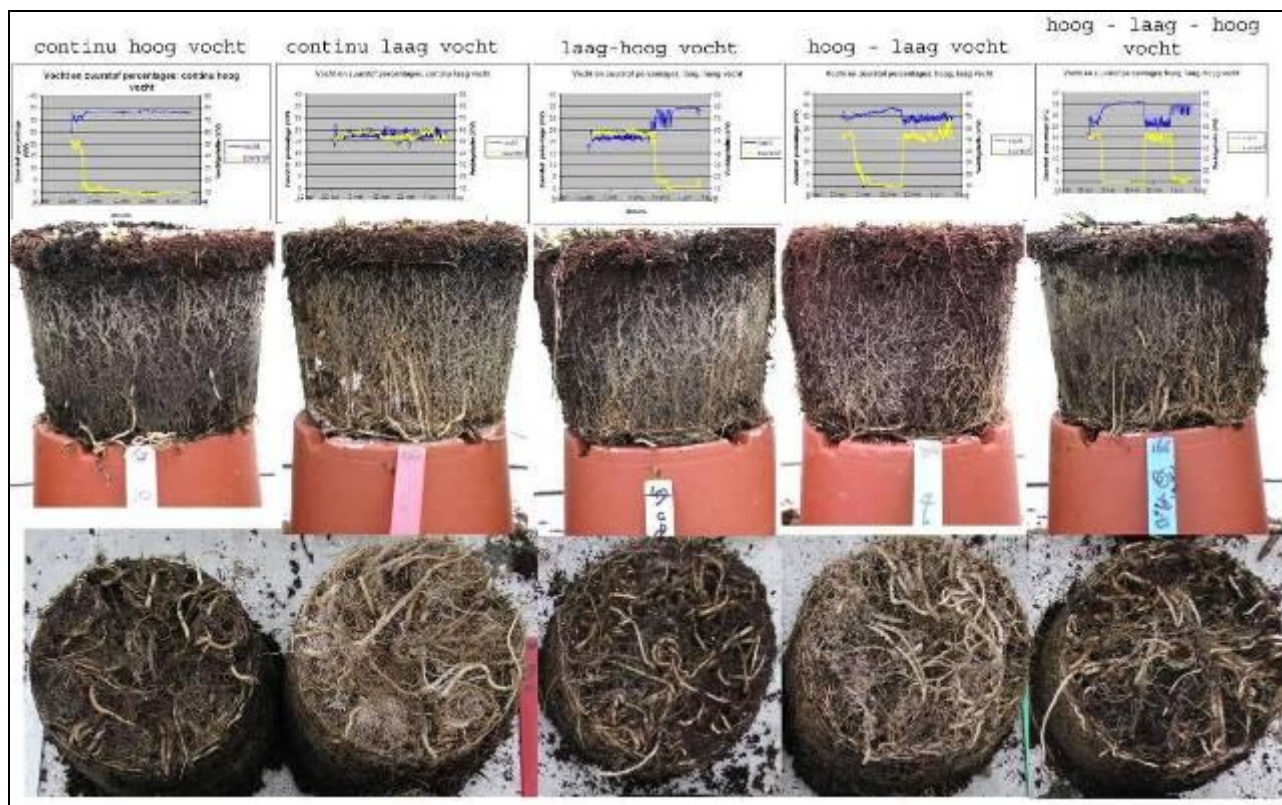
Figuur 17. Plant versgewichten van 6,5 maanden oude Gerbera planten, na 45 dagen op zandbedden bij aangegeven vochtregime (laag, hoog vocht etc.).

Morfologie van de wortelkluiten

Aan de wortelstelsels waren duidelijke effecten te zien van de ingestelde vocht regimes (zie Figuur 18). Hierbij waren de wortelstelsels die 45 dagen continu bij 78% vocht stonden (hoog vocht en laag zuurstof), in de onderste helft aan het rotten. Dit is te zien aan de donkere kleur van de wortels, die glazig en slijmerig waren. De wortels van de planten die 45 dagen continu bij 55% vocht stonden (laag vocht en hoog zuurstof), waren mooi wit en stevig.

De wortels die variërend droge en natte voeten hadden, zaten qua aantasting van het wortelstelsel tussen de twee continu behandelingen in. De laag-hoog vocht behandeling en hoog-laag-hoog vocht behandeling hadden een vergelijkbare aantasting van het wortelstelsel (zie Figuur 18), maar deze aantasting was minder ver gevorderd dan de continu vocht behandeling. Hoe langer de wortels erg vochtig staan en daardoor een laag zuurstof omgeving hebben, des te meer de wortels worden aangetast.

Bij langdurig zuurstof tekort door hoge vochtpercentages, onderbroken door een periode van laag vocht/hoog zuurstof (hoog-laag-hoog in Figuur 18), herstelt het wortelstelsel waarschijnlijk in de laag vocht periode. De wortel aantasting (zwart/glazig) is bij de hoog-laag-hoog behandeling minder dan bij de continu hoog vocht behandeling. Het herstellen van het wortelstelsel is goed te zien aan de hoog-laag vocht behandeling. De wortels na deze behandeling zien er beter uit dan de continu hoog vocht behandeling en de laag-hoog behandeling. Bij de hoog-laag behandeling is periode van 20 dagen hoog vocht (laag zuurstof) in principe genoeg om de wortels sterk aan te tasten (te zien in de laag-hoog behandeling). Maar in de 20 dagen laag vocht, na de 20 dagen hoog vocht (hoog-laag behandeling) is de plant in staat het wortelstelsel redelijk goed weer te herstellen. Dit zie je aan de wortelkluiten (vooral de onderkant) van de hoog-laag vocht behandeling, die redelijk lijkt op de continu laag vocht behandeling.



Figuur 18. Representatieve wortelkluiten na 45 dagen op de zandbedden. De grafieken bovenin de figuur zijn verkleinde weergaven van Figuur 12 t/m Figuur 16. De bovenste rij wortelkluiten zijn vanaf de zijkant gefotografeerd en de onderste rij foto's vanaf de onderkant.

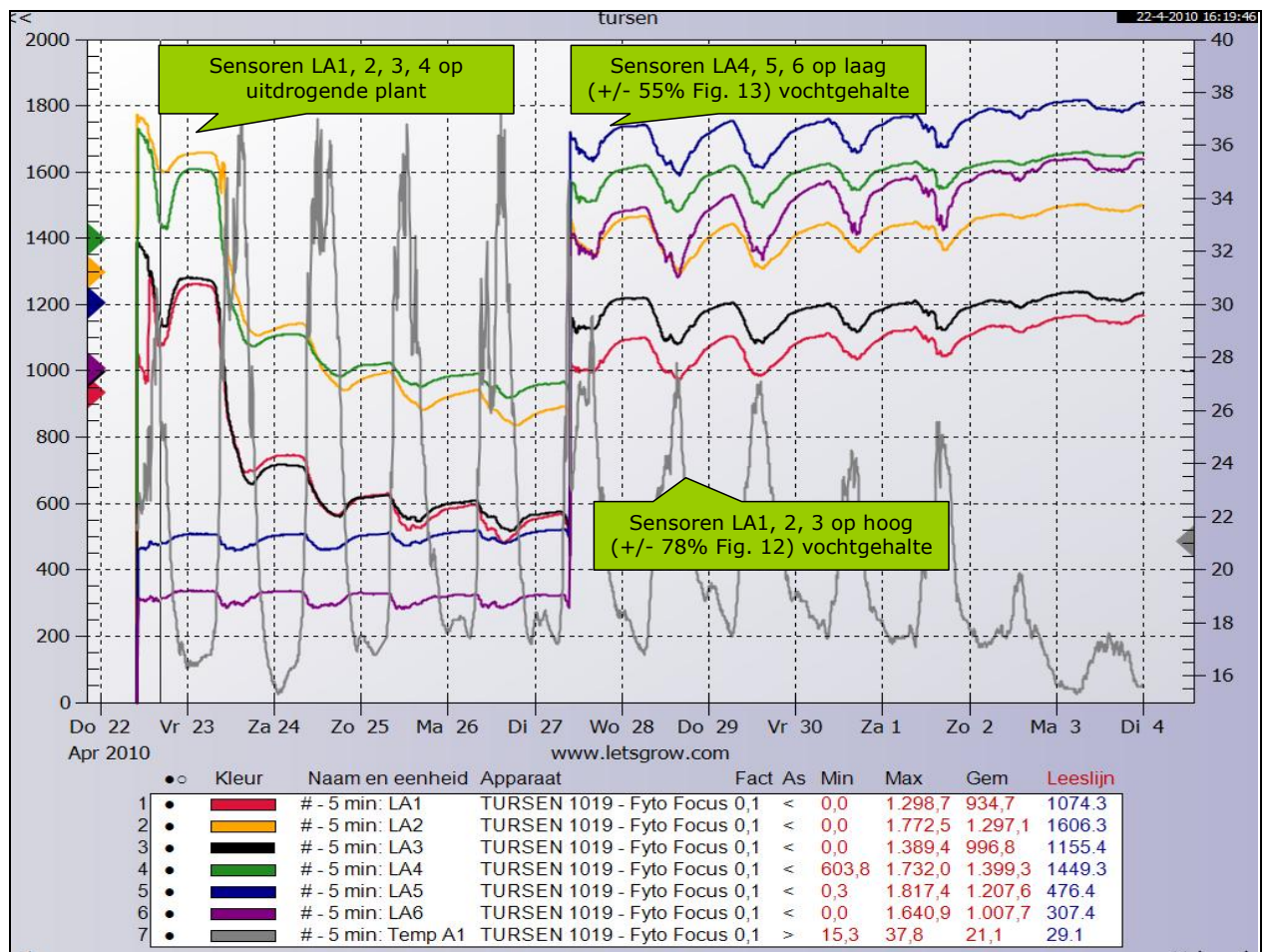
Bladdikte metingen

Een aantal malen gedurende de proef is met TURSEN bladdiktesensoren (Hoogendoorn) de bladdikte gedurende een aantal dagen gemeten. De sensoren geven de waterpotentiaal van de plant weer, en daarmee het patroon van de interne waterhuishouding van de plant (McBurney 1991). De sensoren werden op jong volgroeide bladeren geplaatst in de proef met de zandbedden (Figuur 19). In eerste instantie werden vier sensoren op een uitdrogende plant zonder druppelaars (Figuur 20; links) geplaatst, waarbij twee sensoren als referentie dienden. Hierbij was duidelijk de afnemende bladdikte te volgen in de verwelkende plant. Ook was te zien dat er een gering temperatuureffect was op de sensoren (op de dagen met verschillen in dag-nachttemperaturen van wel 20C!).



Figuur 19. Bladdiktesensoren op jong volgroeide bladeren van planten in de zandbeddenproef.

Vervolgens werden de sensoren geplaatst op planten van de zandbedden in behandelingen met een hoog vochtgehalte dan wel een laag vochtgehalte. In de potten werden tegelijkertijd met de bladdiktemetingen ook het vocht- en het zuurstofgehalte gemeten (Figuur 12 en Figuur 13). Hoewel er duidelijke dag-nachtverschillen in bladdikte waren (die veel groter waren dan de temperatureffecten), waren er geen verschillen in patronen tussen de vochtbehandelingen te constateren (Figuur 20; rechts). Dit ondanks het feit dat er wel zeer lage zuurstofconcentraties in de potten werden gemeten bij de behandeling met hoge vochtgehalten, op hetzelfde tijdstip als de bladdiktemetingen (Figuur 12). Ook visueel waren er bovengronds geen verschillen in gewasstand te constateren tussen hoog en laag vochtgehalte. Mogelijk was het aanpassingsvermogen van de wortels voldoende om geen problemen met de waterhuishouding te krijgen. Dit kan mogelijk het gevolg zijn door een betere zuurstofvoorziening in de bovenste helft van het substraat.



Figuur 20. Bladdiktes van gerbera gedurende een meetperiode van 12 dagen; kasttemperatuur is ook weergegeven.

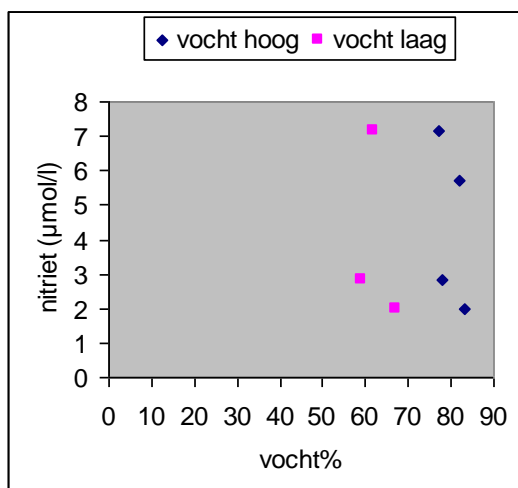
Nitriet metingen

Onder zuurstofloze omstandigheden kan denitrificatie optreden in substraten (Agner en Schenk 2006). In dit proces van denitrificatie is nitriet een tussenstap. In anaerobe bodems met veel organische stof zijn wel nitrietgehalten gevonden van ca. 11 mmol/l, terwijl plantenwortels al schade gevonden bij ca. 1 mmol/l nitriet (Hamilton and Lowe 1981) .



Figuur 21. Bodemvocht werd verzameld d.m.v. vacuümbuizen en soil moisture samplers.

Om te onderzoeken in welke mate nitriet gevormd kan worden in het wortelmilieu zijn met behulp van soil moisture samplers (Eijkelkamp) bodemvochtmonsters verzameld in potten van de behandelingen hoog en laag vochtgehalte uit de zandbeddenproef op 27 mei (Figuur 21). Op dat tijdstip waren er anaerobe omstandigheden aanwezig in het substraat met hoog vochtgehalte (Figuur 12). In de gemonsterde potten is na afloop van de monsternames ook het vochtgehalte met de FDvochtmeter bepaald. Nitriet is met een kleurreactie spectrofotometrisch bepaald. Uit Figuur 22 blijkt dat er geen verband bestond tussen het vochtgehalte in de kokos en de optredende nitrietgehalten. De nitrietgehalten waren maximaal 7 $\mu\text{mol/l}$ hetgeen aangemerkt kan worden als dusdanig laag dat hiervan geen schade te verwachten is. Ook in monsters genomen in steenwol was de maximale concentratie 7 $\mu\text{mol/l}$. Hoewel het aantal monsternames beperkt is geweest suggereren de metingen dat nitriet geen rol heeft gespeeld in de wortelvorming in dit project.



Figuur 22. Nitrietgehalten in relatie tot vochtgehalte substraat in kokos op zandbedden.

Conclusies zandbedden proef:

- Wortelstelsels in fijn kokos substraat kunnen slecht tegen continu hoge vochtpercentages, waarbij wortels afsterven en verrotten. In dit geval vormt de plant wortels in een hogere meer droge regio in de pot. Waarschijnlijk hierdoor kan dit proces revisibel zijn, waardoor een plant zijn wortelstelsel kan “repareren”. Een gezonde plant kan dus redelijk goed de laag zuurstof perioden rond zijn wortelstelsel opvangen, mits de plant de kans krijgt om het wortelstelsel in minder vochtige zones weer op te bouwen of minder vochtig te krijgen en daardoor zuurstof toe te laten rond zijn wortels.
- Bovengrondse plantdelen zijn niet direct representatief voor wat er onder de grond gebeurt (waarschijnlijk zolang het wortelstel in staat is zich te ontwikkelen in andere zones in de pot). De onderste wortels in de potten bij continu hoog vocht waren al sterk aangetast, zonder dat dat aan de bladdikte metingen of aan de bovengrondse plantdelen te zien was.
- In 2,5L potten met fijn kokos substraat en 7 maanden oude Gerbera's in de kas, treden boven een bodem vochtgehalte van 70% (V/V), zuurstof tekorten op. Dit ging niet gepaard met nitriet verhoging.

3.2 Steenwol

3.2.1 Steenwol - proef 2A



Figuur 23. Bovenaanzicht op Gerbera planten op steenwol, met en zonder gaten en gaten gevuld met PVC pijpjes. Tussen de steenwol condities zijn ook Gerbera's op fijn kokos neergezet om de dichtheid van de planten per oppervlak te verhogen.

In de steenwol experimenten werd gekeken wat het effect van variatie van beschikbaar substraat volume binnen een vast volume, op wortelgroei was (zie Figuur 24). Hierbij werden steenwolpotten met allemaal dezelfde afmetingen, met vermindering van het beschikbare volume door uithollingen af te sluiten met plastic pijpjes (zie §2.1.2).

Verder was de zuurstofhuishouding in de steenwolpotten een punt van aandacht. Potten met gaten rondom (zie Figuur 24) zouden een betere zuurstofbeschikbaarheid kunnen hebben. Wat dit voor effect had op de wortel ontwikkeling, werd bestudeerd.



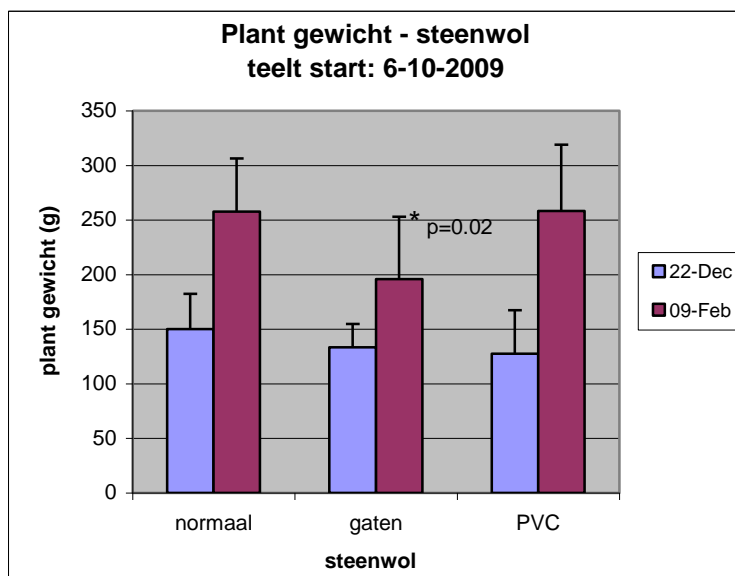
Figuur 24. Steenwol potten met allemaal dezelfde afmetingen (diameter en hoogte), maar met verschillende beschikbare volumes en luchtbeschikbaarheid voor wortels.



Figuur 25. Verschil in bladmassa (vegetativiteit) tussen Gerbera planten van 6 maanden oud, gegroeid op fijn kokos, of op steenwol.

Gerbera planten op steenwol waren in deze proefopzet minder vegetatief dan planten die groeiden op fijn kokos (zie Figuur 25). De planten op steenwol leken in het begin van de teelt sneller generatief te worden tov. planten op fijn kokos, maar gaven (met dit watergift systeem en deze proefopzet) op het eind wel iets minder bloemen per plant dan de planten op fijn kokos (zie Figuur 58).

Gerbera planten op steenwolpotten met gaten rondom geven lichtere planten (zie Figuur 26). Na vier maanden is dit effect significant ($p=0.02$) tov. de controle steenwolpotten en steenwolpotten met PVC pijpjes. De planten op de steenwolpotten met PVC pijpjes liepen in eerste instantie achter in ontwikkeling in vergelijking met de controle, maar haalden dit verschil in de volgende twee maanden weer in.



Figuur 26. Plant versgewichten op verschillende steenwol potten gegroeid, op twee momenten gemeten. $n=10$

Controle steenwol

Links in Figuur 27 zijn tien controle steenwolpotten van vier maanden oude Gerbera planten, van onderaf te zien. Er komen voornamelijk dikkere penwortels onder het blok uit, met weinig tot geen fijne wortels. Blijkbaar heeft de plant de fijne wortels niet nodig en heeft de steenwol veel makkelijk beschikbaar water zodat grovere wortels volstaan, of de omstandigheden voor het aanleggen van fijne wortels zijn ongunstig. Aan de rechterkant van Figuur 27 zijn van twee controle steenwolpotten een zijaanzicht te zien. Hier is te zien dat er bij de controle steenwolpotten geen wortels aan de zijkanten tevoorschijn komen.

Gerbera planten op de controle steenwolpotten geven een heel ander (zichtbaar aan de buitenkant van de wortelkluit) wortelstelsel dan planten op kokos (zie Figuur 18). Bij wortelstelsels in kokos zijn er veel meer fijne wortels zichtbaar, zowel aan de rand van de kluit, als aan de onderkant. In steenwol zijn vooral dikke penwortels aan de onderkant van de potten zichtbaar en het lijken er wat meer dan bij kokos.

Het ontbreken van fijne wortels rond en onder de steenwolpotten, zou kunnen komen door de losse ligging van de steenwol in de zwarte buitenpot. De steenwolpotten werd aan alle kanten omringd door lucht en licht, wat de wortelgroei aan de buitenkant van de potten waarschijnlijk remt.



Figuur 27. (links) Onderaanzicht van tien controle steenwolpotten en vier maanden oude Gerbera wortelstelsels (de bovengrondse delen van de planten zijn op foto afgesneden). (rechts) Zijaanzicht van dezelfde controle steenwol potten.



Figuur 28. Voorbeeld van hoe de penwortels uit steenwol eruit zien.

Steenwol met gaten

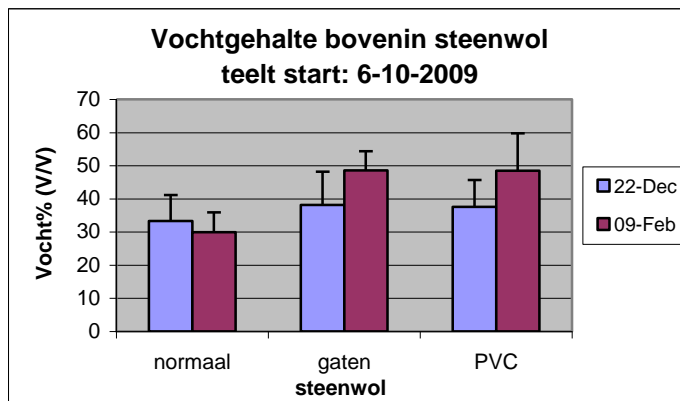
In Figuur 29 is een onderaanzicht te zien van een tiental steenwolpotten met gaten, waarin vier maanden oude Gerbera's groeiden. Ook bij de steenwolpotten met gaten waren er alleen dikke penwortels zonder fijne wortels zichtbaar, die rondcirkelden aan de onderkant van de potten, waarbij gaten werden gemeden. De wortels kwamen vrijwel niet in de gaten, of aan de buitenkant van de potten, maar bleven in de binnenste kern van de steenwol.

Wanneer de penwortels werden geïsoleerd uit het steenwol (zie Figuur 28), was het penwortelgewicht in de steenwolpotten met gaten gelijk aan die in de controle blokken (zie Figuur 32). Alleen zaten er bij de steenwolpotten met gaten meer wortels aan de onderkant van de potten dan bij de controle potten (zie Figuur 33).



Figuur 29. Onderaanzicht van tien steenwolpotten met gaten en vier maanden oude Gerbera wortelstelsels (de bovengrondse delen van de planten zijn op foto afgesneden).

Bij het "openmaken" van de steenwolpotten met gaten, waarbij de buitenste rand van het steenwol los werd gehaald van de binnenste kern steenwol, waren zoutkristallen te zien (zie rechts in Figuur 34). Dit klopte met de waarneming tijdens het experiment, dat de buitenkant van de potten met gaten er droger uitzagen en droger voelde. Aan de buitenkant van deze potten was de verdamping blijkbaar te hoog voor een goede vochtverdeling. De kern van de steenwolpotten met gaten was juist wat natter dan de controle blokken (Figuur 30), wat een meer ongelijke vochtverdeling in de blokken met gaten toont.



Figuur 30. Vochtgehalte bovenin steenwol potten, op twee momenten gemeten. n=10

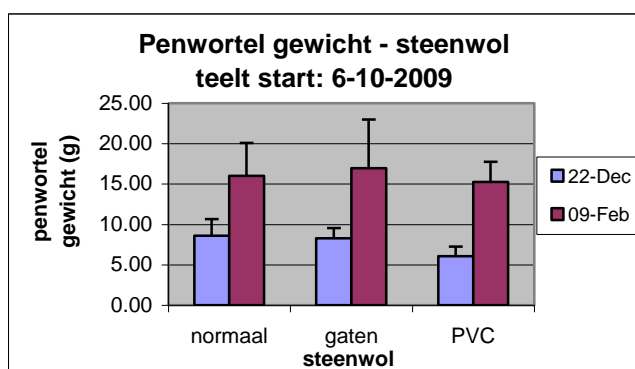
Steenwol met PVC

De wortelstructuur onderaan de steenwolpotten met PVC pijpjes (Figuur 31) lijkt sterk op de wortelstructuur onder steenwolpotten met gaten; dikke penwortels zonder fijne wortels, die rondcirkelen in het midden, de PVC pijpjes mijdend. Ook waren bij de steenwolpotten met PVC geen fijne wortelstructuren aan de zijkant van de steenwolpotten.

De planten op de steenwolpotten met PVC pijpjes maakten wel fijn vertakte wortels op het grensvlak tussen de pijpjes en het steenwol (links in Figuur 34). De fijne wortels bevonden zich niet helemaal rondom de pijpjes, maar aan de binnenkant van de steenwolpotten. De buitenste rand van de steenwolpotten was waarschijnlijk te droog voor goede wortelontwikkeling.

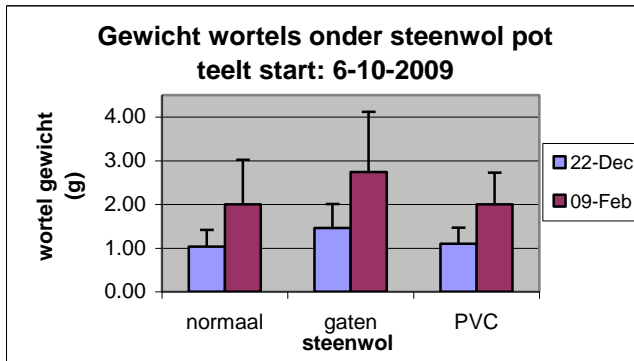


Figuur 31. Onderaanzicht van tien steenwolpotten met gaten, gevuld met PVC pijpjes en vier maanden oude Gerbera wortelstelsels (de bovengrondse delen van de planten zijn op foto afgesneden).



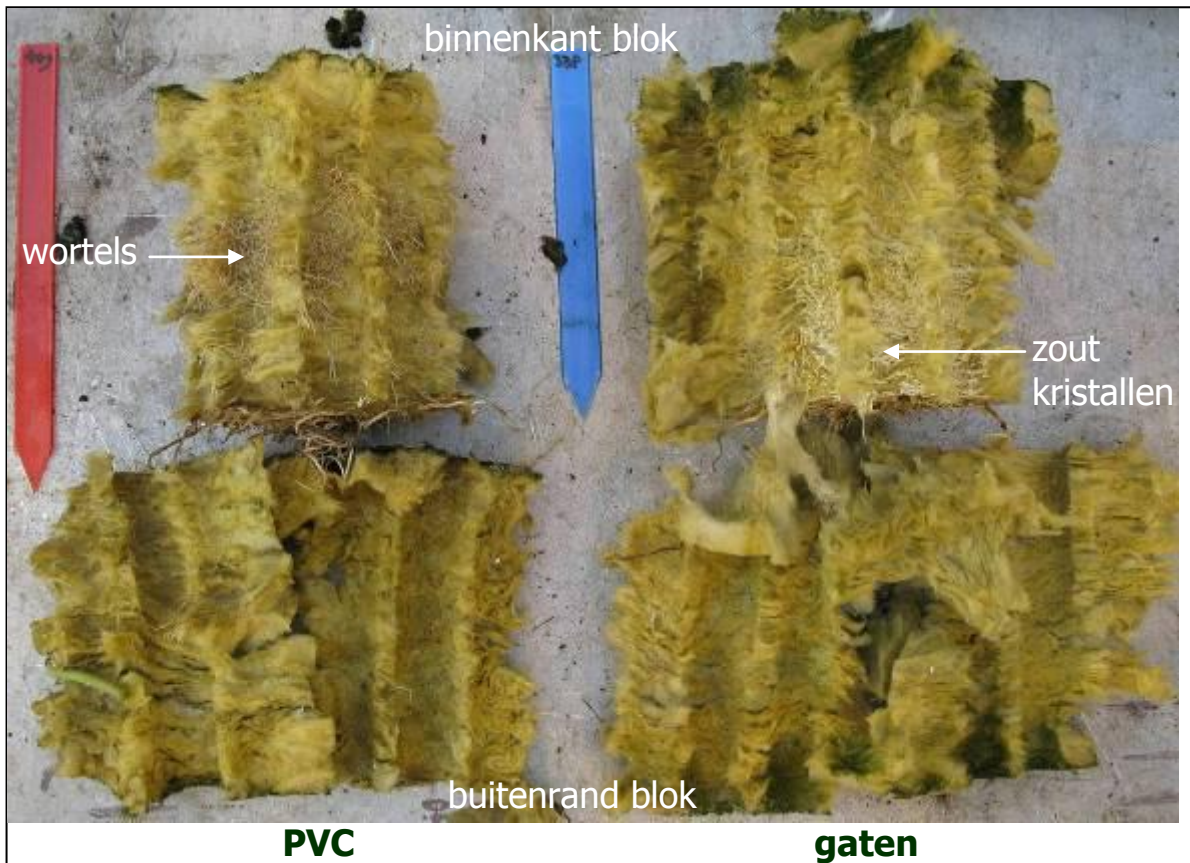
Figuur 32. Penwortel versgewichten in verschillende steenwol potten, op twee momenten gemeten. n=10

In het centrum van de steenwolpotten, aan de bovenkant gemeten, waren die met PVC pijpjes natter dan de controle potten (zie Figuur 30). De potten met PVC pijpjes waren in het midden net zo vochtig als die met gaten rondom. Ook bij de steenwolpotten met PVC leek het vocht minder goed verdeelt te worden over de gehele pot. Waarschijnlijk vormden de pijpjes een barrière voor vochtverplaatsing naar de buitenkant van de steenwol en bevorderde deze barrière uitdroging rondom het blok.



Figuur 33. Wortel versgewichten aan de onderkant van verschillende steenwol potten, op twee momenten gemeten. n=10

Het penwortelgewicht van de planten op PVC steenwol was na twee maanden het laagste (Figuur 32), maar haalde dat verschil in de volgende twee maanden weer in. Het penwortelgewicht dat onder de pot gemeten werd (Figuur 33) was bij het PVC steenwol gelijk aan de controle. Het lijkt erop dat de plant bij het PVC steenwol minder dikke penwortels aanmaakt, en meer fijne wortels (op het grensvlak PVC-steenwol).

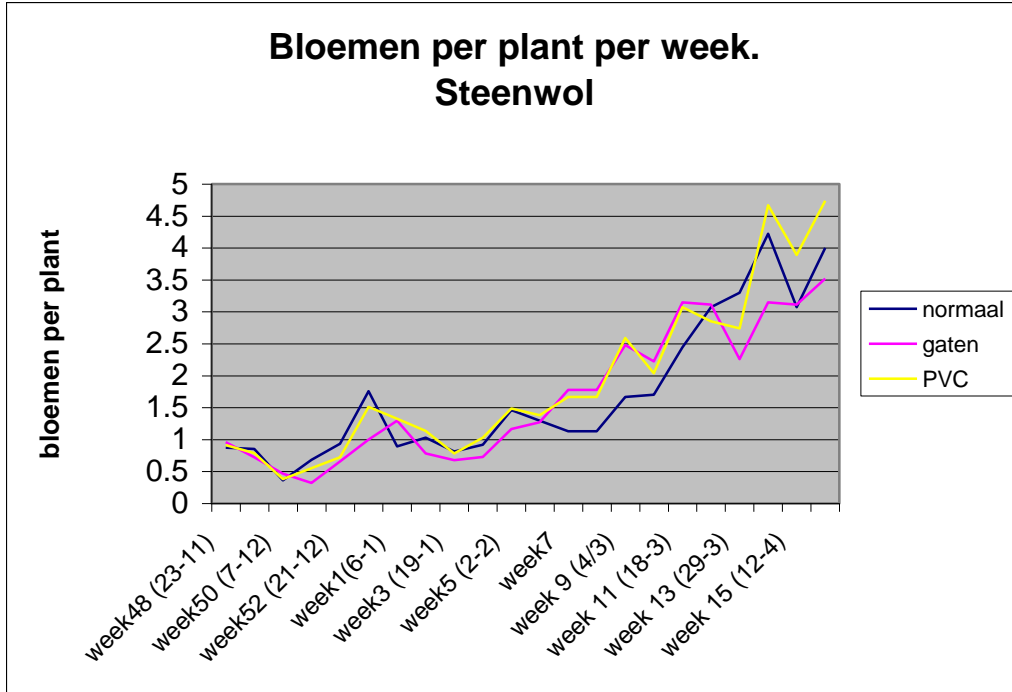


Figuur 34. Lengtedoorsneden door de gaten van de steenwol. Bij de PVC conditie zijn eest de PVC pijpjes uit de gaten verwijderd. Het bovenste deel van de foto toont de centrale kernen van de steenwolblokken. Het onderste deel van de foto toont de buitenrand van de steenwolblokken.

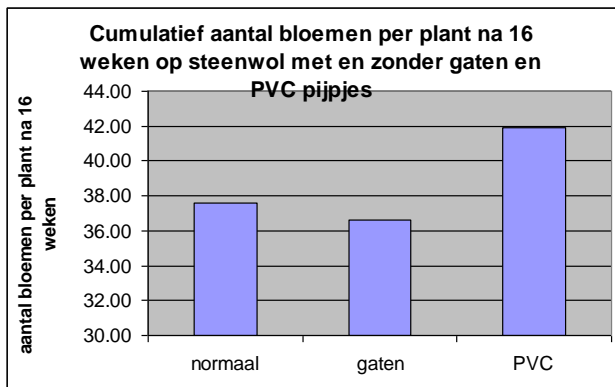
Bloemen opbrengst steenwol

De bloemenproductie op de drie substraten werd geteld aan 40 planten per substraat type. Het aantal bloemen per substraat type werd bij elkaar opgeteld.

De planten op steenwolpotten met PVC pijpjes rondom, leveren gedurende de teelt de meeste bloemen per week (Figuur 35) en maken cumulatief in 16 weken de meeste bloemen (zie Figuur 36). De betrouwbaarheid van dit verschil is onduidelijk, aangezien de bloemen productie nu slechts eenmaal is gevolgd.



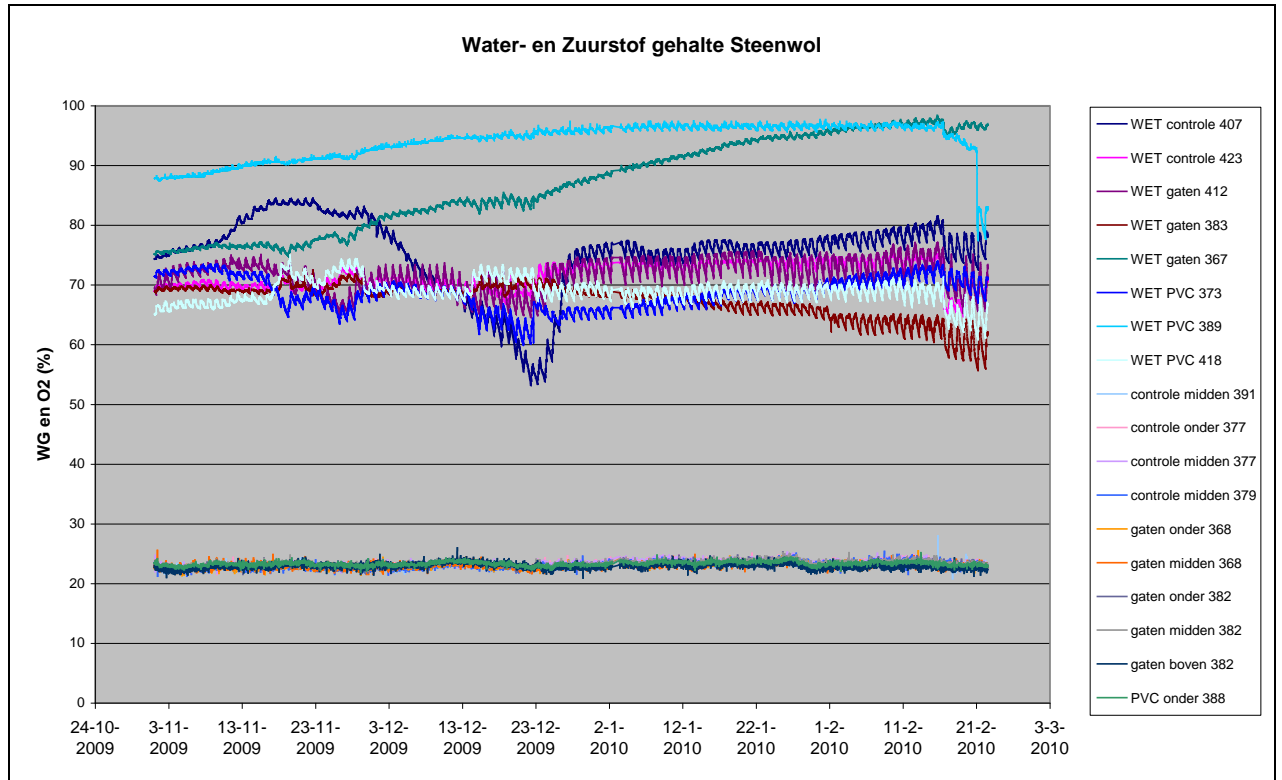
Figuur 35. Het aantal bloemen per plant per week, op verschillende steenwol substraten.



Figuur 36. Het cumulatief aantal bloemen per plant na 16 weken teelt op steenwol.

Vocht en zuurstof metingen in steenwol.

Hoewel er behoorlijke natte situaties gemeten werden onderin de steenwolpotten, werden er nergens zeer lage zuurstof waarden gemeten (Figuur 37). Doordat de steenwolpotten rondom omgeven waren door lucht en de wortelstelsels nog niet zeer groot waren, was de zuurstof toetreding in de potten, waarschijnlijk voldoende.



Figuur 37. Vocht en zuurstof metingen in verschillende steenwolpotten.

3.2.2 Steenwol - proef 2B



Figuur 38. Metingen en visuele beoordeling van het steenwol experiment.

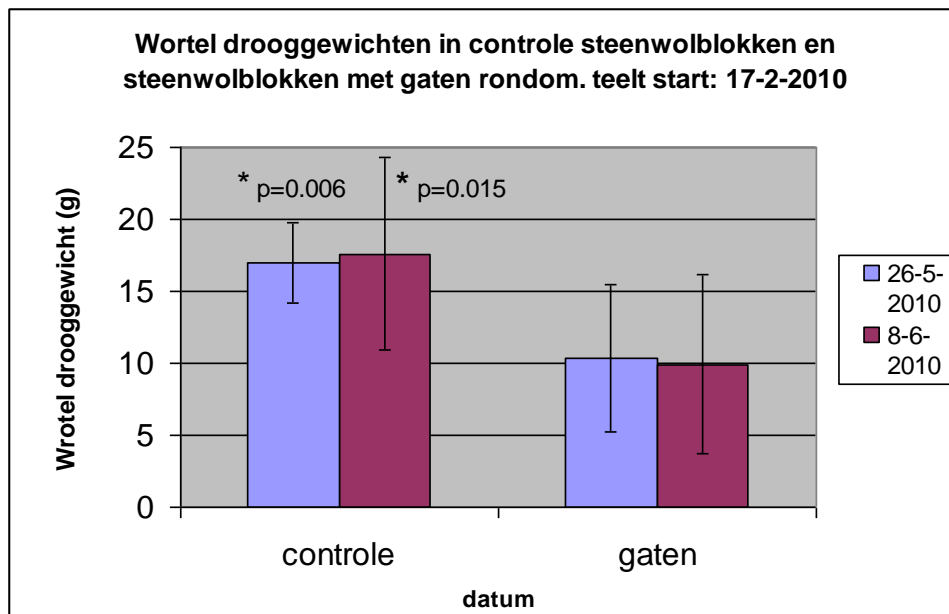
In de tweede steenwol proef werden de controle steenwolpotten en de steenwolpotten met gaten rondom nogmaals getest, maar nu werden alle potten rondom de plant afgedekt met een wit stuk plastic. In de eerste steenwolproef droogden vooral de potten met gaten rondom snel uit langs de randen. Het afdekken van de steenwolpotten voorkwam dat de potten uitdroogden.



Figuur 39. Representatieve weergave van planten en wortels op en in steenwol met en zonder gaten. De bovenste vier beelden zijn van steenwol met gaten en de onderste van steenwol zonder gaten.

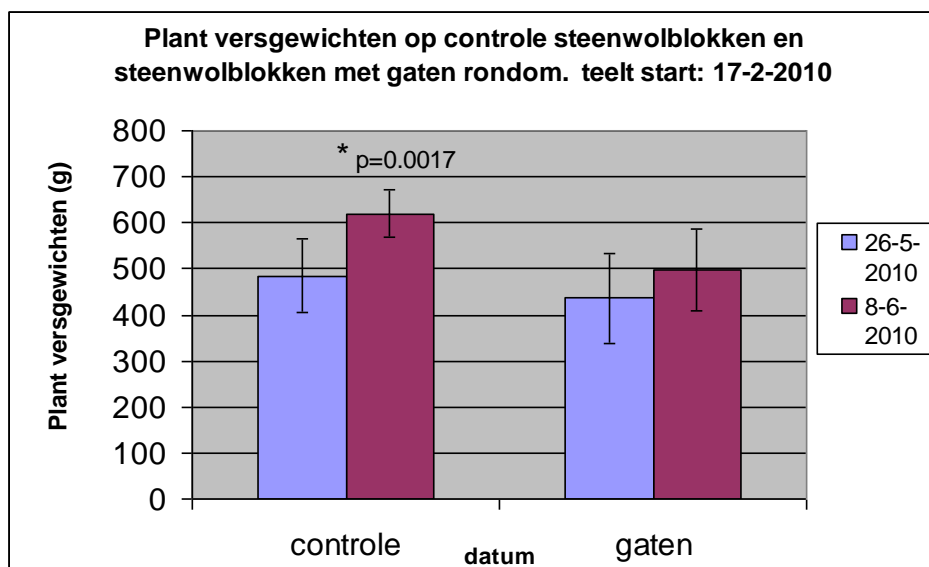
De beworteling van de steenwolpotten met gaten en van de controle steenwolpotten (Figuur 39) kwam overeen met die uit de eerste steenwolproef (§3.2.1). Ook nu de buitenkant van de potten met gaten wat vochtiger waren, waren er geen fijne wortels aan de zijkanten te zien. De wortels bleven

binnen de zone met gaten en kwamen nauwelijks in contact met de luchtgaten. Ook bij de controle steenwolpotten waren geen fijne wortels zichtbaar aan de buitenkant. Mogelijk duurt het langer in de teelt voor zulke wortels ontwikkeld kunnen worden rond de steenwolpotten.

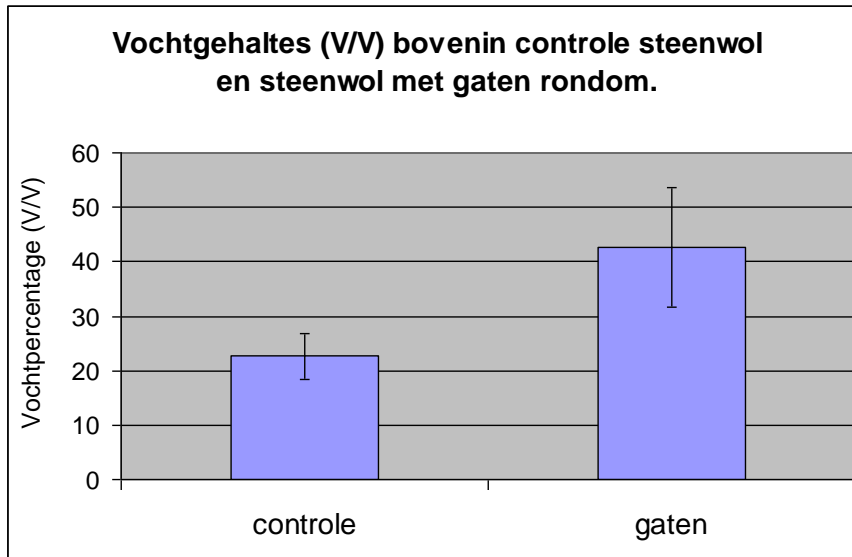


Figuur 40. Wortel drooggewichten in controle steenwolblokken en steenwolblokken met gaten rondom, op twee verschillende momenten bepaald. Foutenbalken geven de standaard deviatie. n=10

In Figuur 40 is te zien dat in de controle steenwolpotten meer wortels werden gevormd dan in de steenwolpotten met gaten. Op beide dagen gedurende de teelt was dit verschil significant. In de twee weken tussen de metingen nam het wortelgewicht niet veel meer toe. Het plantgewicht (bovengronds) nam in die tijd wel sterk toe bij de controle planten, maar niet zo sterk bij de planten op de gaten steenwol (Figuur 41). De controle planten waren na ongeveer vier maanden teelt, gemiddeld zo'n 100 gram zwaarder.



Figuur 41. Plant versgewichten op controle steenwolblokken en steenwolblokken met gaten rondom, op twee verschillende momenten bepaald. Foutenbalken geven de standaard deviatie. n=10



Figuur 42. Vochtgehaltes (V/V) bovenin controle steenwol en steenwol met gaten rondom, gemeten in de kern van het steenwol (vlak naast de plant) op 8-6-2010. Foutenbalken geven de standaard deviatie. n=10

Steenwolpotten met gaten rondom zijn bovenin, in het midden van het steenwol, natter dan de controle steenwolpotten (Figuur 42).

Conclusies steenwol proeven

- Het beperkend maken van de beschikbare steenwol door het maken van gaten, maar met behoud van het totale potvolume, beperkte de hoeveelheid wortels die werden gemaakt en beperkte de bovengrondse plantontwikkeling, maar had niet veel effect op de bloemen opbrengst.
- Bovenstaande werd waarschijnlijk veroorzaakt doordat de waterdiffusie naar de buitenste ring van de steenwol verslechterde, bij de behandeling met verwijderde steenwol uit de binnenkant van steenwolpotten. Hierdoor droogde de steenwol daar sneller uit, wat verzilting en de vorming van zoutkristallen tot gevolg had, waardoor wortels daar niet graag groeiden.
- Er werden tijdens de teelt in geen van de steenwolpot varianten, lage zuurstof waardes gemeten.

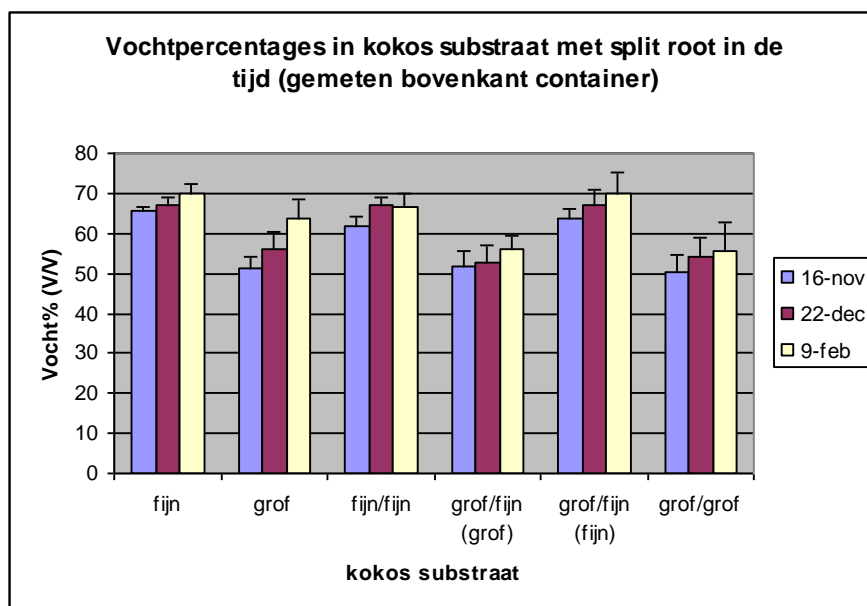
3.3 Split-root

3.3.1 Split-root fijn en grof kokos - proef 3A

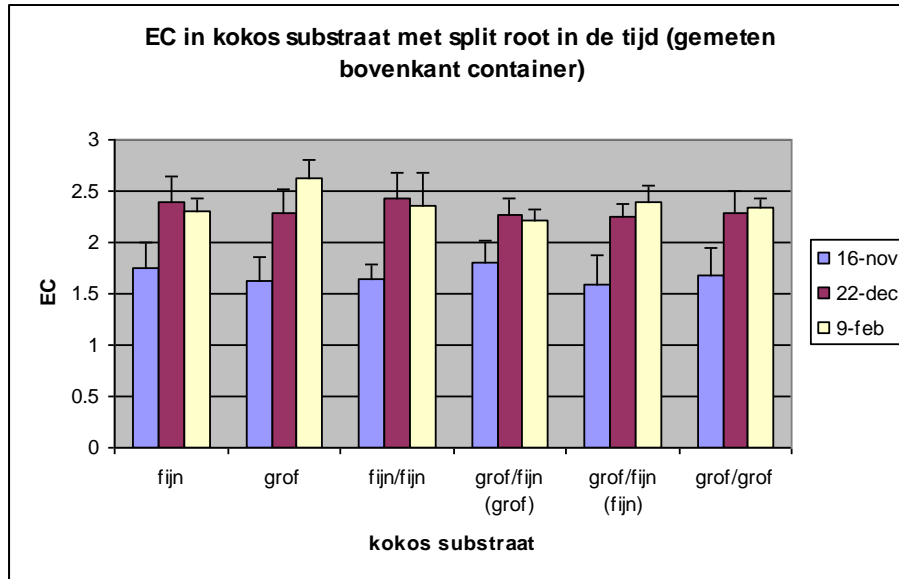


Figuur 43. Proefveld met 10 weken oude Gerbera's in de demokwekerij

Deze eerste split-root proef was ingericht om te onderzoeken wat het effect zou zijn op wortelgroei, wanneer de plant de keuze krijgt tussen twee verschillende kokossubstraten. Het fijne kokossubstraat houdt meer vocht vast, dan de het grove kokos (zie Figuur 44). Gaat de plant meer wortels maken in de vochtige fijne kokosfractie, of juist in de drogere fractie? En hoe zien de wortels er uit in de verschillende kokosfracties? Dit zijn vragen die in deze proef werden beantwoord.



Figuur 44. Vochtpercentages in kokos substraat met en zonder split-root, in de tijd (gemeten aan de bovenkant van de pot). n=10



Figuur 45. EC in kokos substraat met en zonder split-root, in de tijd. (gemeten aan de bovenkant van de pot). n=10

De EC in alle kokos substraten maakt na de eerste meetdatum een sprongetje omhoog (Figuur 45). Tussen de verschillende condities werden geen extreem grote EC verschillen gemeten. De verschillen tussen grof en fijn kokos zaten dus vooral in de vocht- en luchthuishouding en het oppervlak en grootte van de kokosdeeltjes.

De grootte van de deeltjes maakte dat de wortels in het grove kokossubstraat meer weerstand ondervonden bij het groeien in het grove substraat. Dit was te zien aan meer grillige, kronkelende penwortels in het grove kokos, waarbij de wortels telkens van groeirichting veranderde wanneer deze stuitte op een grove kokosnipper (zie bijvoorbeeld Figuur 53). Bij het fijne kokossubstraat waren de penwortels veel rechter. Wat ook opvallend was aan de wortels in het grove substraat was de donkere kleur van de wortels. Dit was een bruinige kleur die waarschijnlijk uit het grove kokos komt.



Figuur 46. Wortelkluiten van 4 maanden oude Gerbera planten van controle planten split-root wortelstelsels. In deze proeven werd grof en fijn kokossubstraat gebruikt.

Wat opviel bij het bekijken van de wortelkluiten, was dat er aan de buitenkant van de kluit, in grof kokos minder wortels zichtbaar waren dan bij het fijne kokossubstraat (zie bovenin Figuur 46). Wanneer Gerbera planten werden gegroeid op de split-root van fijn/grof kokossubstraat (midden onder in Figuur 46 en in Figuur 47), dan waren er meer wortels zichtbaar aan de buitenkant van het fijne substraat.



Figuur 47. Detail opnames van de split-root combinatie fijn kokos (linker fractie) en grof kokos (rechter fractie). De wortelkluit staat in deze foto rechtop, met de plant bovenop. De linker foto is een zijaanzicht en de rechter foto een onderaanzicht van dezelfde wortelkluit.

Verder was het opvallend dat de split-root planten op het tussenschot veel fijne wortelvertakkingen maakten. Dit was vooral goed te zien aan de zijde van de fijne kokosfractie (Figuur 48 en links in

Figuur 50). Bij de grove fractie was deze fijnere vertakking aan het grensvlak ook zichtbaar, maar met minder wortels (Figuur 49 en rechts van Figuur 50).



Figuur 48. Wortels op tussenschot van een fijn/fijn kokossubstraat split. De Gerbera planten waren 4 maanden oud tijdens analyse.



Figuur 49. Wortels op tussenschot van een grof/grof kokossubstraat split. De Gerbera planten waren 4 maanden oud tijdens analyse.

Blijkbaar is het grensvlak tussen het watervaste tussenschotje en het substraat een ideale omgeving om fijne wortels aan te leggen. Waarschijnlijk komt dit omdat op het tussenvlak voldoende vocht en lucht kan komen.



Figuur 50. Wortels op tussenschot van een fijn/grof kokossubstraat split (links fijn en rechts grof kokos). De Gerbera planten waren 4 maanden oud tijdens analyse.

Om de wortelontwikkeling in de substraten en in de verschillende fracties te kunnen bepalen, werden de wortels uitgerepareerd door het kokos zoveel mogelijk en zo voorzichtig mogelijk uit te wassen in emmers met water. Hierbij gingen vooral in het grove substraat veel fijne wortels verloren, doordat die achterbleven in de grove kokosknippers (zie Figuur 54).



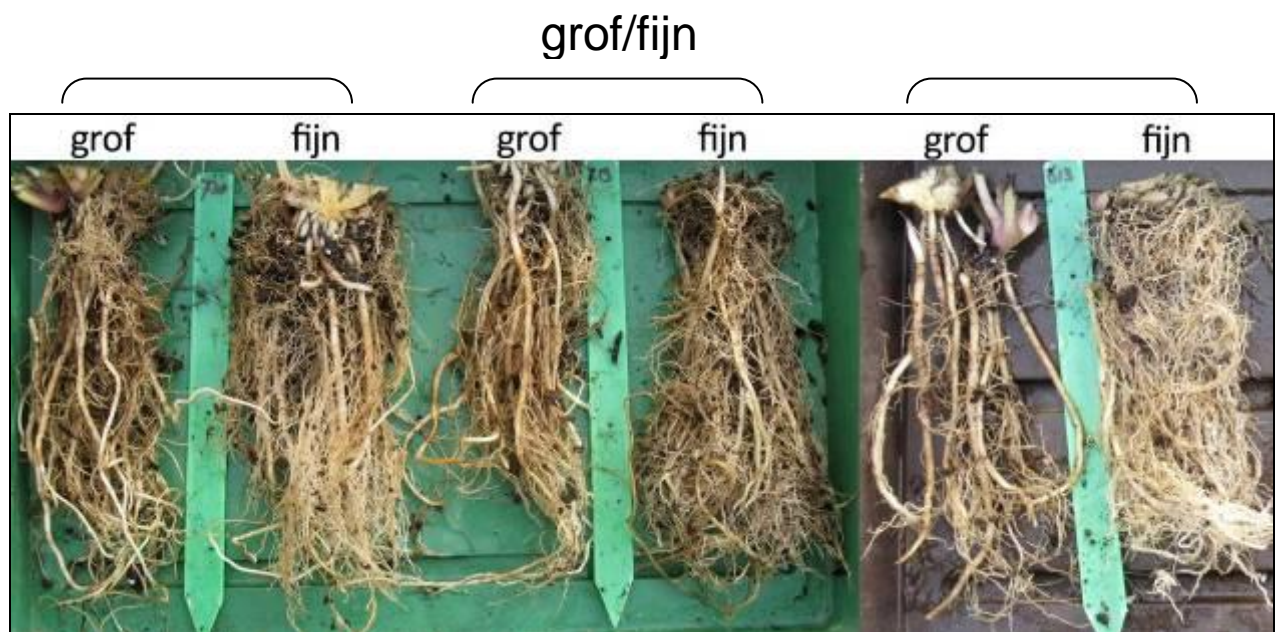
Figuur 51. Wortelstelsels uit fijn kokos substraat (zonder split). De Gerbera planten waren 4 maanden oud tijdens analyse.

Wanneer de wortels waren uitgespoeld zagen ze eruit zoals weergegeven in Figuur 51, Figuur 52 en Figuur 53. De wortelstelsels in het fijne kokos hadden veel meer fijne, secundaire wortels (Figuur 51) in vergelijking met wortelstelsels in grof kokos substraat (Figuur 52). Het verschil in beworteling aan de buitenkant van de wortelkluiten in grove kokos en fijne kokos, was representatief voor wat er binnen in de substraten aan wortels voorkwam.



Figuur 52. Wortelstelsels uit grof kokos substraat (zonder split). De Gerbera planten waren 4 maanden oud tijdens analyse.

Het beeld van de wortelstelsels uit de fijne en grove kokos controles was terug te zien in de split-root potten (Figuur 53). In de grove kokos fractie waren minder penwortels (primaire) en minder fijne (secundaire) wortels aanwezig t.o.v. de fijne fractie.

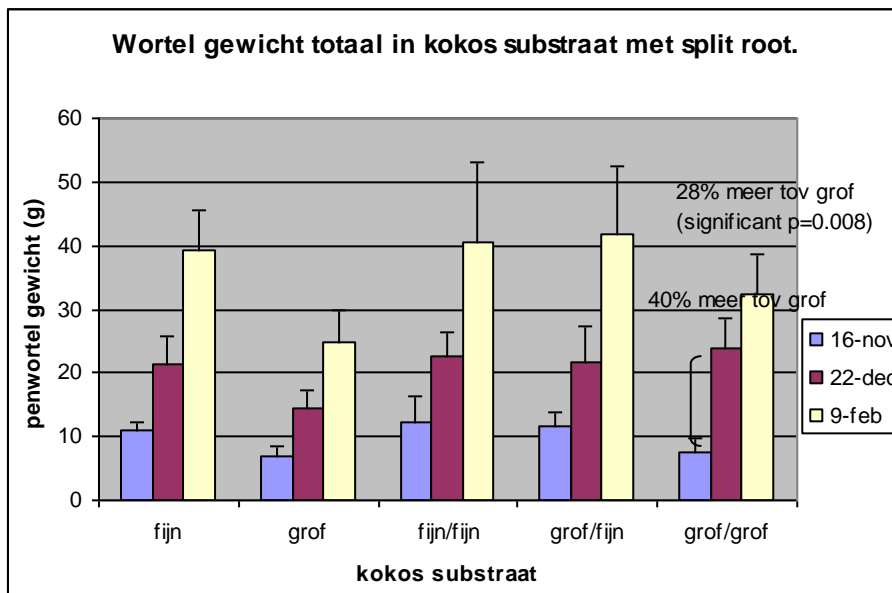


Figuur 53. Een drietal wortelstelsels uit de grof/fijn split-root experimenten. De Gerbera planten waren 4 maanden oud tijdens analyse.

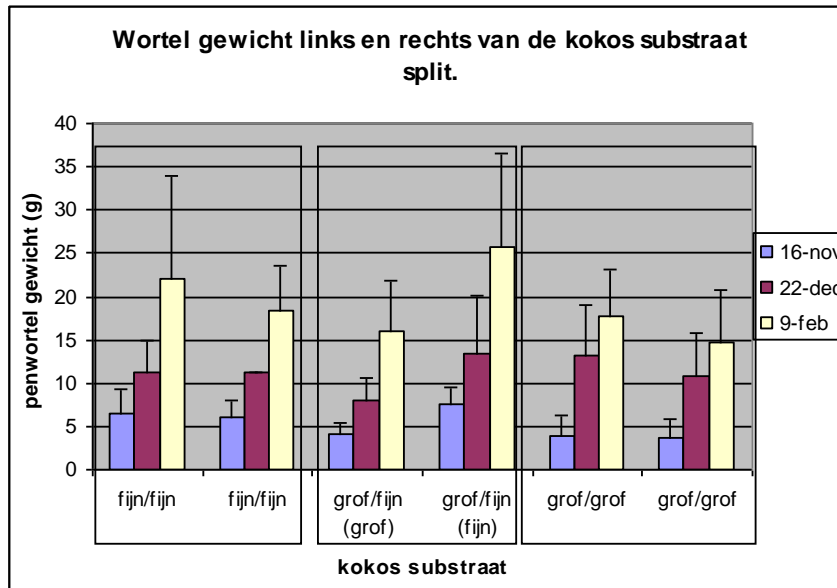


Figuur 54. Tijdens het uitprepareren van de wortelstelsels was er veel verlies van fijne wortels. Dit verlies was het grootst bij het grove kokos substraat.

Het zichtbare verschil in de hoeveelheid wortels, was ook te kwantificeren (Figuur 55 en Figuur 56). In het grove kokos substraat werd ongeveer 65% minder wortelgewicht aangemaakt in vergelijking met fijn substraat (Figuur 55). Opvallend is dat wanneer er in het grove kokos substraat een tussenschotje werd geplaatst (grof/grof; als controle op het effect van een tussenschot), de planten met tussenschot 30-40% meer wortels aanmaakten (waarbij de wortelgewichten in de grove substraatfracties bij elkaar werden opgeteld) dan zonder tussenschot in het grove kokos. Dit zou kunnen komen door de aanmaak van extra fijne wortels langs het scheidingvlak (Figuur 49). Bij fijn/fijn was dit effect niet zichtbaar. Mogelijk hadden de planten in het fijne substraat al een optimale fijne wortel hoeveelheid en werd een deel van die wortels in de fijn/fijn conditie verschoven naar het tussenvlak.

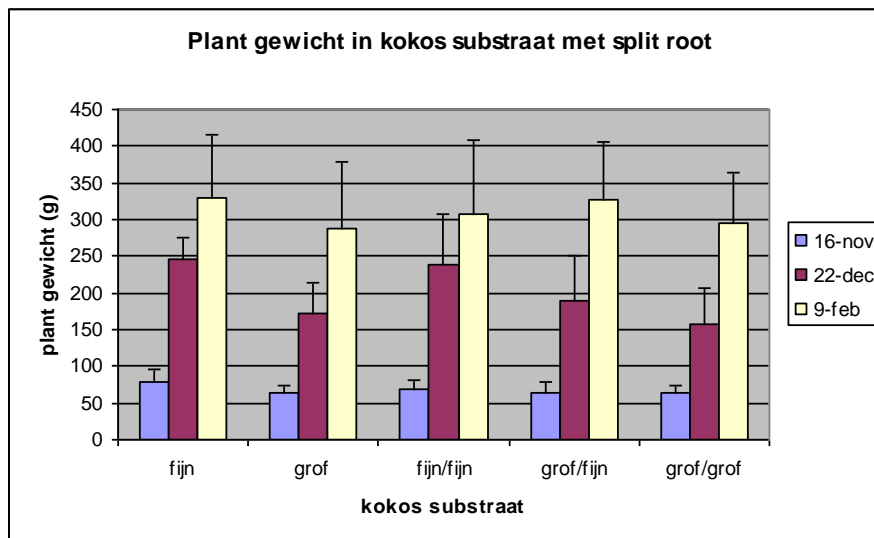


Figuur 55. Totaal penwortels versgewicht in kokos substraat met en zonder split-root, in de tijd (de penwortel gewichten van de split-root zijn hier bij elkaar opgeteld). n=10



Figuur 56. Penwortels versgewicht in kokos substraat met split-root, in de tijd. n=10

In Figuur 56 werden de wortelgewichten van de fijn/fijn, de grof/fijn en de grof/grof condities uit Figuur 55, opgesplitst in de afzonderlijke fracties. De wortels waren gelijk verdeeld over de fracties in de controles fijn/fijn en grof/grof. In de grof/fijn conditie, werden er meer wortels gemaakt in de fijne, dan in de grove kokos fractie. De plant maakte in de fijne fractie van de grof/fijn conditie, meer wortels dan in een fractie van de fijn/fijn conditie; er trad overcompensatie op in het fijne deel. Door deze overcompensatie kwam het totale wortelgewicht (beide fracties bij elkaar opgeteld) toch uit op die van de fijn controle (Figuur 55).

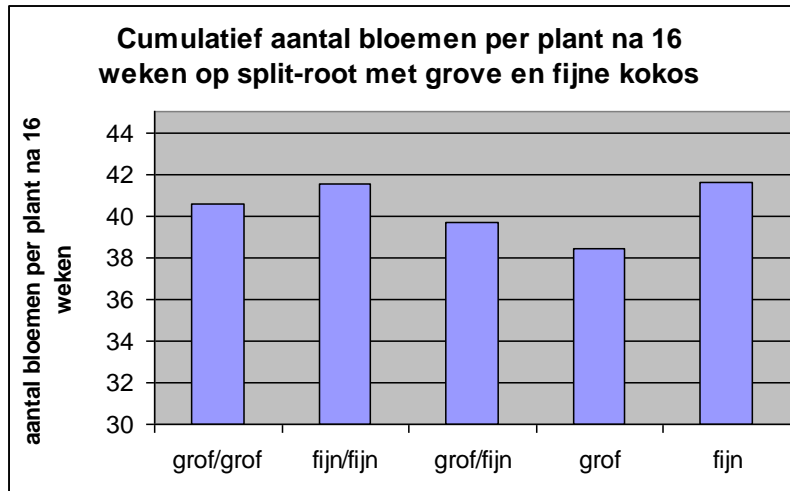


Figuur 57. Plant versgewicht in kokos substraat met en zonder split-root, in de tijd. n=10

Naast de analyses op de wortels, werd ook gekeken naar de versgewichten van de planten (Figuur 57). De planten op grof en grof/grof (met split) gaven de lichtste planten. Na twee maanden in de teelt, lag het plant versgewicht van de grof/fijn conditie nog achter op de fijn en de fijn/fijn condities. Maar nog eens twee maanden verderop in de teelt was deze achterstand verdwenen. Dat de grof/fijn planten na vier maanden even zwaar waren als de fijn en fijn/fijn planten laat zien dat het volume fijn kokos in de grof/fijn conditie nog niet beperkend was voor plantontwikkeling.

Bloemen opbrengst split-root proef met kokos

In Figuur 58 is te zien dat Gerbera planten op grof kokos met dit teelt systeem het minst aantal bloemen opleverde in 16 weken. Planten op fijn en fijn/fijn kokos leverde de meeste bloemen, gevolgd door grof/grof en grof/fijn. De hoge bloemopbrengst van de grof/grof split-root is opvallend en zou kunnen komen door het verhoogde contact oppervlak tussen de split en het substraat (Figuur 49).



Figuur 58. Het cumulatief aantal bloemen per plant na 16 weken teelt op kokossubstraten.

Conclusies kokos split-root proef

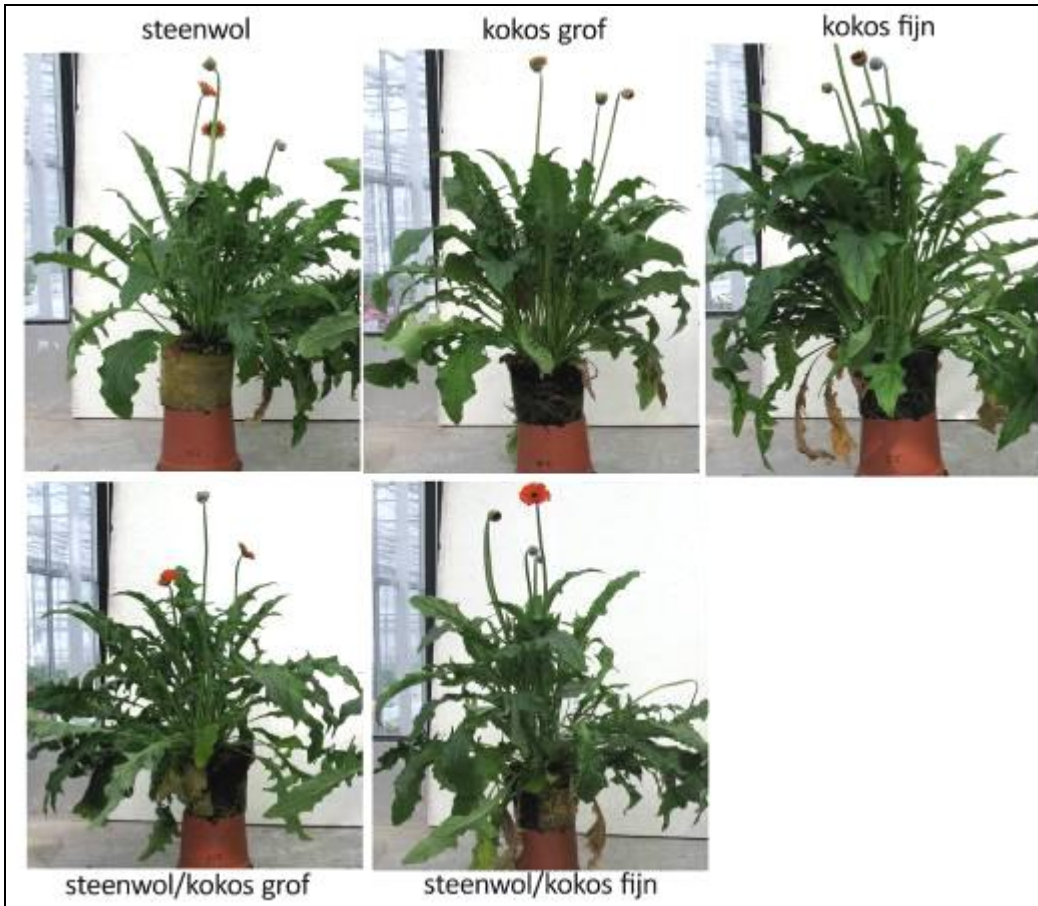
- Fijn is een natter substraat dan grof waarin meer wortels groeien dan in grof substraat.
- Wanneer een plant kan kiezen voor fijn of grof, kiest hij er in eerste instantie voor om meer wortels te ontwikkelen in het fijne deel, waarbij het wortelstelsel daar sterker ontwikkeld is dan in een kant van de fijn/fijn controle. Dit gaat echter niet ten koste van de hoeveelheid wortels in het grove deel.
- Interessant is, hoe ver dit proces van "overcompensatie" door kan gaan. Op een moment moet het volume beperkend worden om verdere groei van de wortels te faciliteren, waardoor het grove deel benut moet gaan worden.

3.3.2 Split-root steenwol en kokos - proef 3B



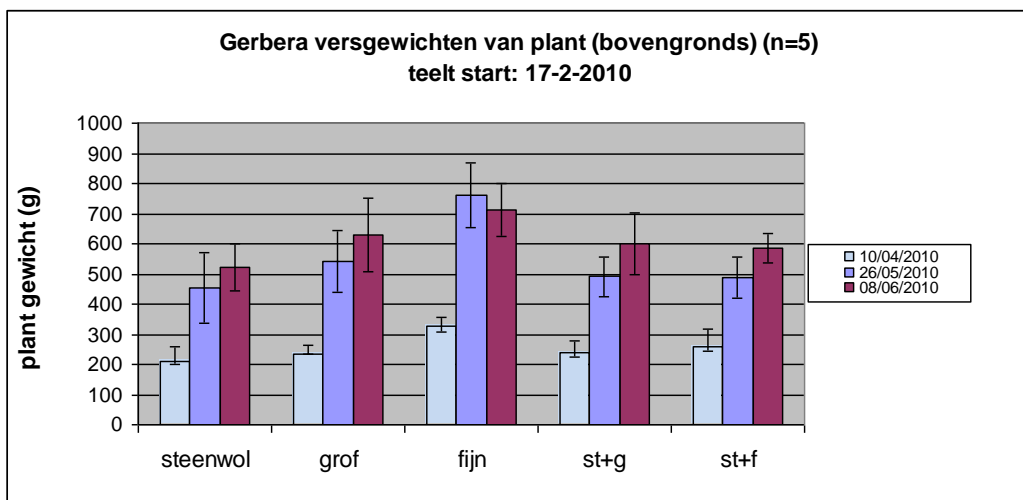
Figuur 59. Proefveld met 16 weken oude Gerbera's in de demokwekerij

In deze proef werd door middel van de split-root techniek gekeken naar de wortelgroei en de plantontwikkeling wanneer een plant de keuze krijgt tussen kokos of steenwol. Er werden condities aangelegd met grof en fijn kokos in combinatie met steenwol. Door in deze split-root proef geen fysieke split in de vorm van een tussenschotje te plaatsen, tussen de steenwol en het kokos, hadden de wortels gedurende de gehele teelt de keuze om over te steken. Een nadeel van het weglaten van een tussenschotje, zou bijvoorbeeld vochtonttrekking uit het kokos door de steenwol kunnen zijn.



Figuur 60. Representatieve plant weergave na vier maanden teelt op steenwol, fijn en grof kokos en split-root met steenwol en kokos (grof en fijn).

In Figuur 60 zijn een aantal representatieve opnames van planten op de verschillende substraten en combinaties van substraten te zien. In Figuur 61 zijn de gewogen versgewichten weergegeven. De steenwol planten waren het lichtste en de planten op fijn kokos, het zwaarst. De planten op grof kokos zaten tussen fijn en steenwol in. Wanneer steenwol werd gecombineerd met fijn of grof kokos, was de plant altijd lichter dan de planten op 100% kokos substraat. De steenwolfractie in de split-root trok het plantgewicht dus naar beneden, waar de plant blijkbaar niet voor kon compenseren, of waar de plant niet voor hoefde te compenseren.



Figuur 61. Versgewichten van de vier maanden oude Gerbera planten (bovengrondse delen) op steenwol, grof kokos, fijn kokos en steenwol/grof kokos split (st+g) en steenwol/fijn kokos split (st+f). Foutenbalken geven de standaard deviatie.



Figuur 62. Representatieve wortelkluit weergave van vier maanden oude controle planten op steenwol, grof kokos en fijn kokos. Per conditie zijn er twee wortelkluiten weergegeven.

In Figuur 62 zijn de wortelkluiten getoond in de drie gebruikte substraten. De wortelkluiten zagen er ongeveer hetzelfde uit als bij eerdere steenwol en de kokos proeven. De fijne kokos had heel veel fijne wortels rond de kluit terwijl de grove kokos een stuk minder fijne wortels rond de kluit vertoonde. De steenwol had in deze proef wel fijne wortels aan de buitenkant van de blokken, in tegenstelling tot de controle potten uit de steenwol proef (Figuur 27). Deze fijne beworteling rondom het blok is in deze proef waarschijnlijk mogelijk geweest doordat de steenwolpotten in kleinere, nauw sluitende buitenpotten werden gedaan. Hierdoor was de uitdroging rondom de steenwolpot een stuk minder en konden er daardoor fijne wortels groeien tussen het grensvlak van buitenpot en steenwolpot.

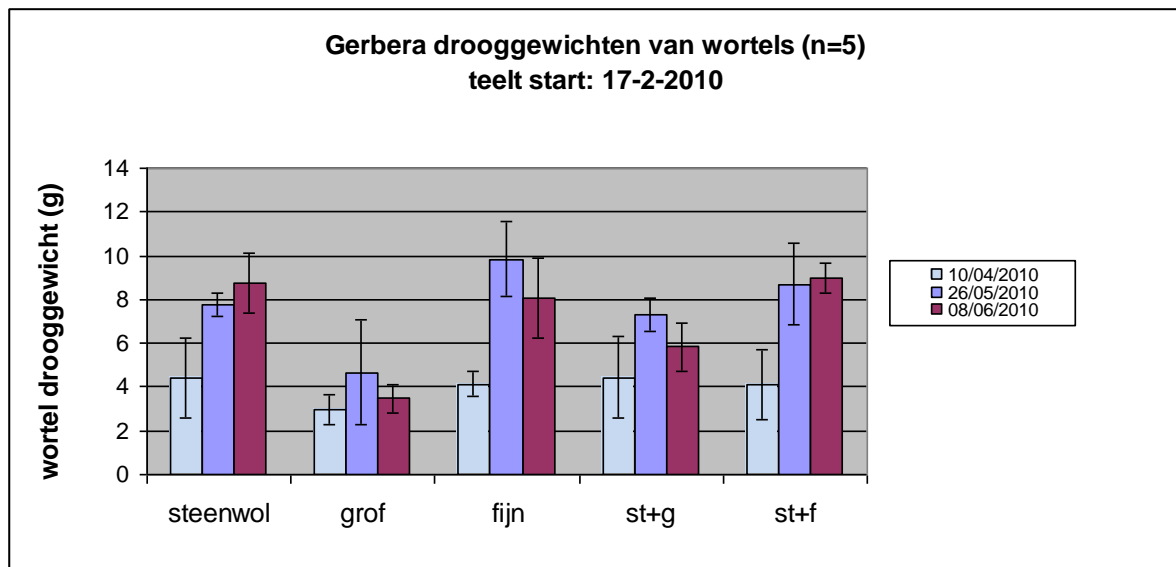


Figuur 63. Representatieve wortelkluit weergave van vier maanden oude split-root planten op grof kokos/steenwol en fijn kokos/steenwol. Per conditie zijn er twee wortelkluiten weergegeven.

In Figuur 63 staan de split-root wortelkluiten van grof kokos/steenwol en fijn kokos/steenwol weergegeven. In beide gevallen zaten er meer fijne wortels op de kokosfracties. Bij de grove fractie zaten bovenin de pot (op de foto in Figuur 63 staan de potten op de kop) minder fijne wortels aan de buitenkant in vergelijking met de fijne kokosfractie, waar de fijne wortels zich over het gehele oppervlakte verdeelden. Dit kwam door een hoger vochtpercentage bovenin het fijne kokossubstraat (Figuur 66).

Bij de split-root grof kokos/steenwol waren er aan de buitenkant van de steenwol fracties meer fijne wortels en grovere penwortels/primaire wortels zichtbaar in vergelijking met de steenwolfracties in de fijn kokos/steenwol split-root (Figuur 63).

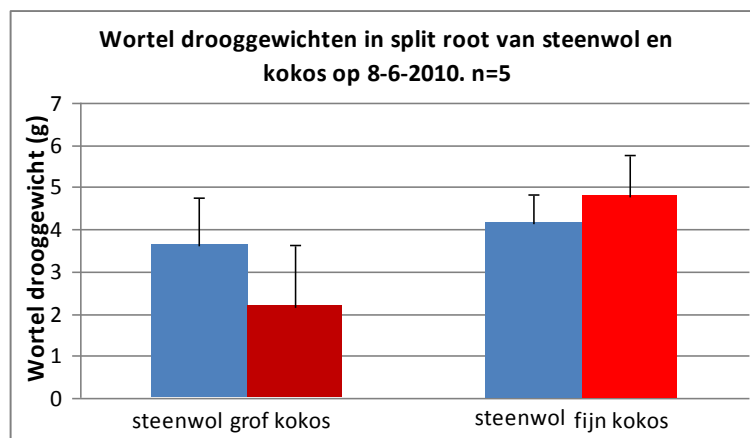
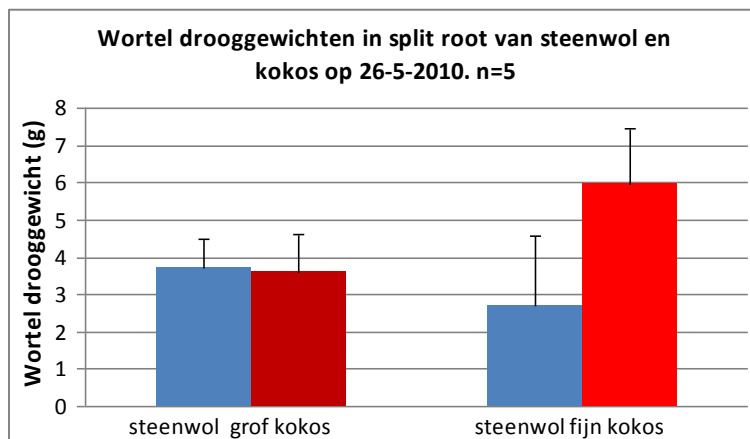
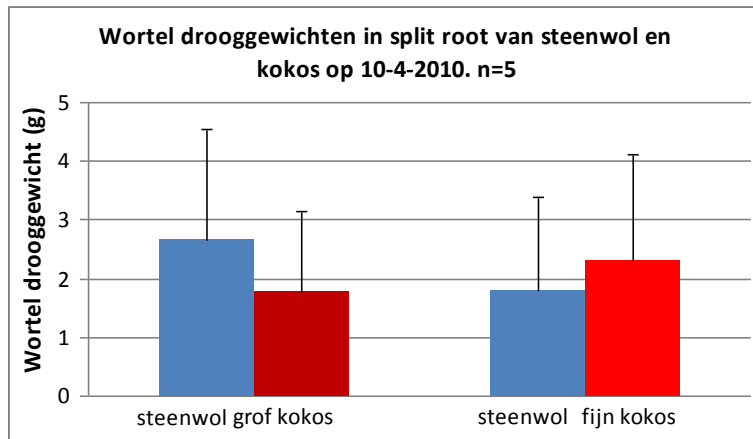
Het kwantificeren van de wortelontwikkeling werd gedaan door de substraatpotten met wortelstelsel en al terug te drogen en te wegen, en dit te vergelijken met het drooggewicht aan het begin van de teelt (zie §2.1.3). De resultaten van deze metingen zijn weergegeven in Figuur 64.



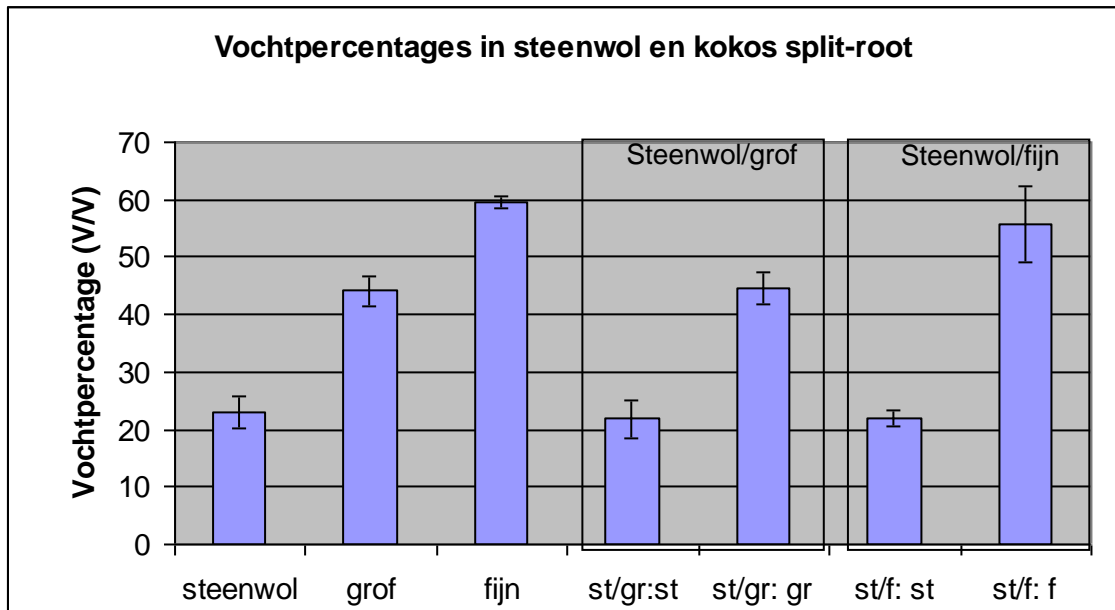
Figuur 64. Totaal drooggewicht van de wortels van vier maanden oude Gerbera planten op steenwol, grof kokos, fijn kokos en steenwol/grof kokos split (st+g) en steenwol/fijn kokos split (st+f). De drooggewichten van de afzonderlijk helften van de splits zijn hier bij elkaar opgeteld. Foutenbalken geven de standaard deviatie.

In de eerste maanden nam overal het wortelgewicht toe, waarna het gewicht stabiliseerde (Figuur 64). Bij drooggewicht metingen van de wortelstelsels wordt in steenwol verassend veel wortelgewicht gemeten. Het wortelgewicht in steenwol is min of meer gelijk aan het wortelgewicht in het fijne kokos substraat en de fijne kokos/steenwol (st+f in Figuur 64) split-root. Dit zou je niet verwachten aan de hand van de foto's (Figuur 62 en Figuur 63), maar blijktbaar zitten binnen in de steenwol veel wortels en maakt de plant in het steenwol meer dikke penwortels. In grof kokossubstraat werd het minste wortelgewicht gemeten (Figuur 64). Het wortelgewicht van de split-root met grof kokos/steenwol zat tussen het grove kokos en het steenwol wortelgewicht in.

In Figuur 65 zijn de wortel drooggewichten van de afzonderlijke substraatfracties weergegeven voor de split-root potten. Hierin valt op dat in de split-root tussen grof kokos en steenwol er gemiddeld meer wortels in de steenwol fractie zitten. Bij de split-root tussen fijn kokos en steenwol zitten er juist gemiddeld meer wortels in de fijne kokos fractie. Deze verschillen werden vooral veroorzaakt door de lage hoeveelheid wortels die in het grove kokossubstraat werd gemaakt. De aanwezige steenwol fractie bij de grof kokos/steenwol split root, was niet genoeg om het weinige aan wortels in de grove kokosfractie te compenseren door meer wortels te maken in het steenwol (zoals fijn kokos dat wel deed, zie Figuur 56).

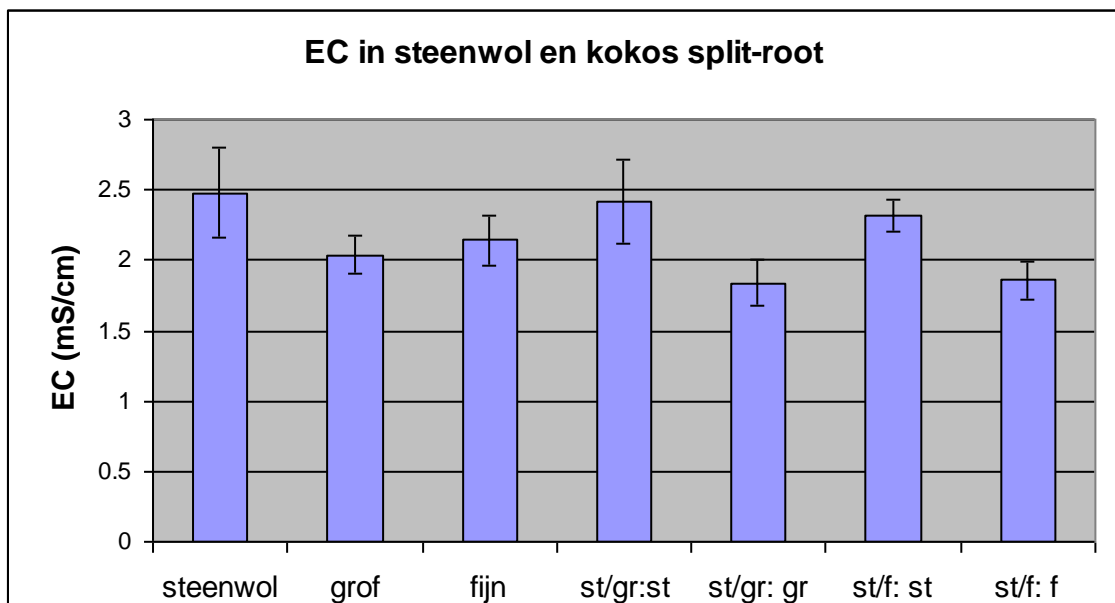


Figuur 65. Drooggewichten van de afzonderlijke helften, links en rechts van de split. De totaal wortel drooggewichten uit Figuur 64 zijn in deze figuur gescheiden van elkaar weergegeven. De drie grafieken van boven naar beneden zijn in de loop van de tijd bepaalde drooggewichten. Binnen een grafiek zijn de linker twee balken (blauw & donker rood) van de split-root grof kokos/steenwol en de rechter twee balken (blauw & licht rood) van de split-root steenwol/fijn kokos.



Figuur 66. Vochtpercentages in de steenwol, grove en fijne kokos controles en vochtpercentages in de split-root condities steenwol (st)/grof kokos (gr) en steenwol (st) /fijn kokos (f). De vochtpercentages werden aan de **bovenkant** van het substraat gemeten. Foutenbalken geven de standaard deviatie.

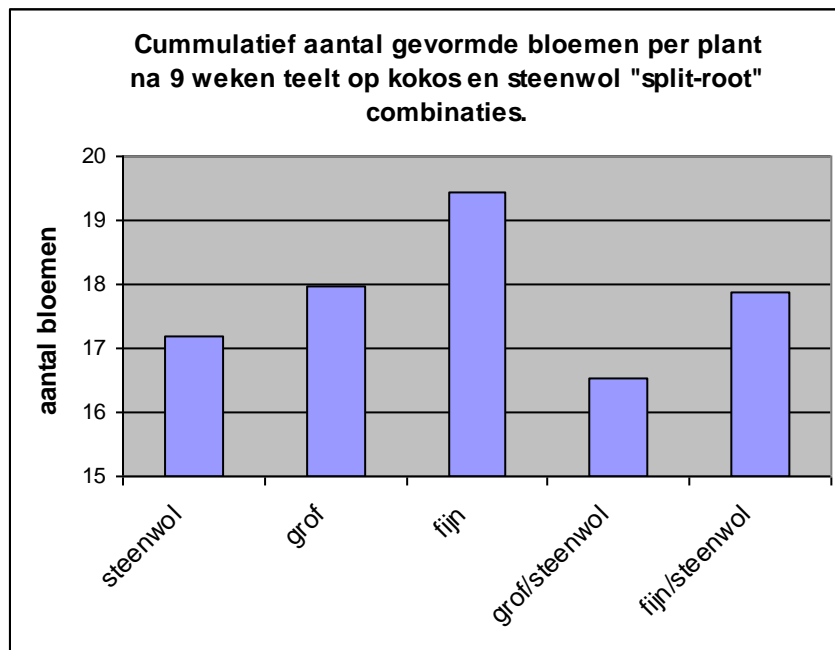
Steenwol was, aan de bovenkant van de potten gemeten, het droogste substraat (Figuur 66). Door de vrij hoge potten van 20 cm viel er een vrij dik stuk van de bovenkant van de steenwolpotten droog, terwijl onderin de steenwolpot het zeer vochtig was. Ook in split-root potten had het steenwol bovenin weinig vocht en konden de kokos substraten hun vocht daar goed vasthouden, ondanks de mogelijk zuigende werking van het steenwol. Het fijne kokos substraat was het meest vochtige substraat. De EC van steenwol is iets hoger dan van de kokos substraten (Figuur 67).



Figuur 67. EC in de steenwol, grove en fijne kokos controles en vochtpercentages in de split-root condities steenwol (st)/grof kokos (gr) en steenwol (st) /fijn kokos (f). De EC werd aan de **bovenkant** van het substraat gemeten. Foutenbalken geven de standaard deviatie.

Bloemproductie split-root proef met steenwol en kokos

In Figuur 68 is de bloemenproductie weergegeven van Gerbera planten op grof en fijn kokos, steenwol en combinaties van steenwol en kokos. Gerbera planten op fijn kokos gaven in deze proef en teelt opzet, in negen weken de meeste bloemen. De planten op fijn kokos gaven per plant na negen weken één bloem meer dan planten op grof kokos en planten op de split-root fijn kokos/steenwol. Planten op alleen steenwol gaven één tot twee bloemen minder per plant in vergelijking met planten op kokos. De split-root combinatie grof kokos/steenwol gaf het minst aantal bloemen per plant.



Figuur 68. Het cumulatief aantal bloemen per plant na 9 weken teelt op kokos/steenwol split root.

Conclusies split-root proef met kokos en steenwol

- In deze proefopzet gaven planten op fijn kokos het hoogste versgewicht. De overige substraten en substraat split-root combinaties gaven vergelijkbare plant versgewichten.
- Het fijne kokos substraat was bovenin de potten het meest vochtig, gevolgd door grof kokos. Steenwol was bovenin het blok het droogst en had daar ook de hoogste EC.
- In fijn kokos, in steenwol en in de combinatie fijn kokos/steenwol werden gelijke wortelgewichten gemeten. In grof kokos substraat werden de laagste hoeveelheden wortels gewogen en het wortelgewicht in de split-root tussen grof kokos/steenwol, lag tussen die van steenwol en grof kokos in.
- In de split-root grof kokos/steenwol is er minder wortelgewicht in de grove kokos fractie dan in de steenwol fractie.
- In de split-root fijn kokos/steenwol is er meer wortelgewicht in de fijne kokos fractie dan in de steenwol fractie.
- Het wortelgewicht in de steenwol fractie was in beide split-root condities min of meer constant.

4 Algemene discussie

- Zorgt een stabiel vochtgehalte zonder grote fluctuaties voor de beste plant- en wortelgroei? en
- In hoeverre passen wortels zich aan bij een plotseling sterk veranderend wortelmilieu (bv. verhoging vochtgehalte), en hoe snel gebeurt dit?
 - Wortelstelsels in fijn kokos substraat kunnen slecht tegen continu hoge vochtpercentages, waarbij wortels afsterven en verrotten. In dit geval vormt de plant wortels in een hogere meer droge regio in de pot. Waarschijnlijk hierdoor kan dit proces revisibel zijn, waardoor een plant zijn wortelstelsel kan “repareren”. Een gezonde plant kan dus redelijk goed de laag zuurstof perioden rond zijn wortelstelsel opvangen, mits de plant de kans krijgt om het wortelstelsel in minder vochtige zones weer op te bouwen of minder vochtig te krijgen en daardoor zuurstof toe te laten rond zijn wortels.
- Is er een optimaal zuurstofgehalte en een optimaal vochtgehalte te benoemen?
 - In 2,5L potten met fijn kokos substraat en 7 maanden oude Gerbera's in de kas, treden boven een bodem vochtgehalte van 70% (V/V), zuurstof tekorten op. Dit ging niet gepaard met nitriet verhoging.
- Wat is de rol van het bewortelbaar volume op de plant- en wortelgroei?
 - Het beperkend maken van het beschikbare steenwol door het maken van gaten, maar met behoud van de totale potvolume, beperkte de hoeveelheid wortels die werden gemaakt en beperkte de bovengrondse plantontwikkeling, maar had niet veel effect op de bloemen opbrengst.
 - Bovenstaande werd waarschijnlijk veroorzaakt doordat de waterdiffusie naar de buitenste ring van het steenwol verslechterde, bij de behandeling met verwijderde steenwol uit de binnenkant van steenwolpotten. Hierdoor droogde het steenwol daar sneller uit, wat verzilting en de vorming van zoutkristallen tot gevolg had, waardoor wortels daar niet graag groeiden.
- In hoeverre veranderen wortels hun omgeving, en visa versa en wat is het gevolg?
 - Er werden tijdens de teelt in geen van de steenwolpot varianten, lage zuurstof waardes gemeten. In fijn kokos substraat werden onder de natste condities op de zandbedden
- Is de wortelgroei te beïnvloeden, en zo ja, wat zijn hiervan de eventuele bovengrondse effecten?
 - Fijn is een natter substraat dan grof waarin meer wortels groeien dan in grof substraat.
 - Wanneer een plant kan kiezen voor fijn of grof, kiest hij er in eerste instantie voor om meer wortels te ontwikkelen in het fijne deel, waarbij het wortelstelsel daar sterker ontwikkeld is dan in een kant van de fijn/fijn controle. Dit gaat echter niet ten koste van de hoeveelheid wortels in het grove deel.
 - Interessant is, hoe ver dit proces van "overcompensatie" door kan gaan. Op een moment moet het volume beperkend worden om verdere groei van de wortels te faciliteren, waardoor het grove deel benut moet gaan worden.
 - In de split-root “grof kokos/steenwol” is er minder wortelgewicht in de grove kokos fractie dan in de steenwol fractie. In de split-root “fijn kokos/steenwol” is er meer wortelgewicht in de fijne kokos fractie dan in de steenwol fractie. Het wortelgewicht in de steenwol fractie was in beide split-root condities min of meer constant.

- Hoeveel wortels heeft een gewas werkelijk nodig?
 - In fijn kokos, in steenwol en in de combinatie fijn kokos/steenwol werden gelijke wortelgewichten gemeten. In grof kokos substraat werden de laagste hoeveelheden wortels gewogen en het wortelgewicht in de split-root tussen grof kokos/steenwol, lag tussen die van steenwol en grof kokos in.
 - In deze proefopzet gaven planten op fijn kokos het hoogste versgewicht. De overige substraten en substraat split-root combinaties gaven vergelijkbare plant versgewichten.

- Zijn problemen met wortelgroei vroegtijdig te detecteren (bv. bovengrondse plantreactie)?
 - Bovengrondse plantdelen zijn niet direct representatief voor wat er onder de grond gebeurt. De wortels in de potten bij continu hoog vocht waren al sterk aangetast, zonder dat dat aan de bladdikte metingen of aan de bovengrondse plantdelen te zien was.

- Zijn er aanpassingen mogelijk in het substraat waardoor de verticale verschillen in lucht/water verhouding verminderd wordt?
 - Het fijne kokos substraat was (bovenin de potten) het meest vochtig, gevolgd door grof kokos en steenwol. Steenwol was bovenin het blok het droogst en had daar ook de hoogste EC.

5 Bijlages

5.1 Bijlage 1: Voedingsmedium samenstelling

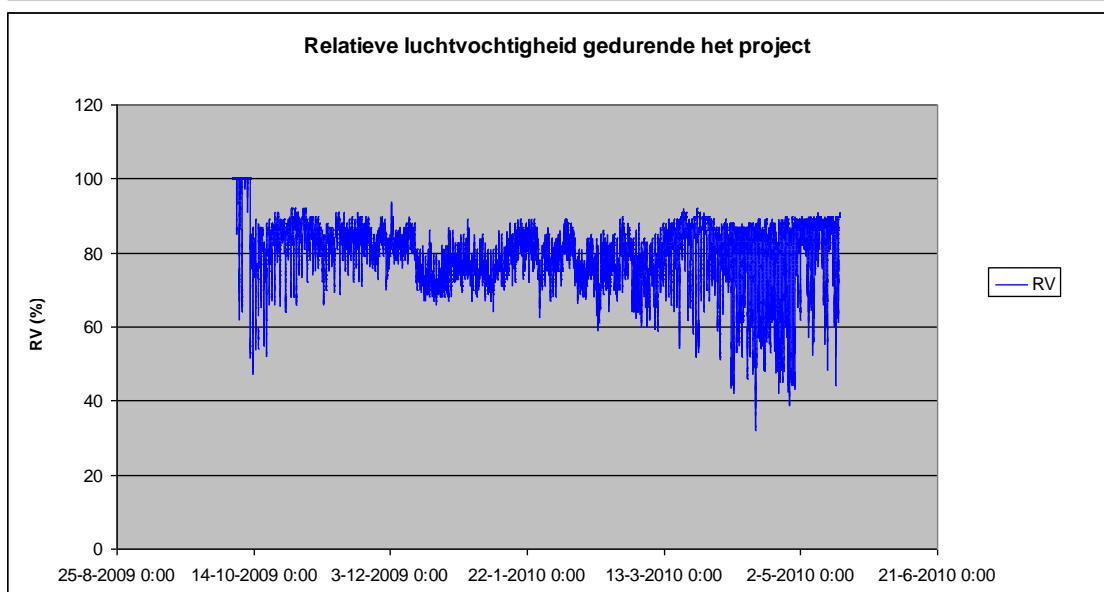
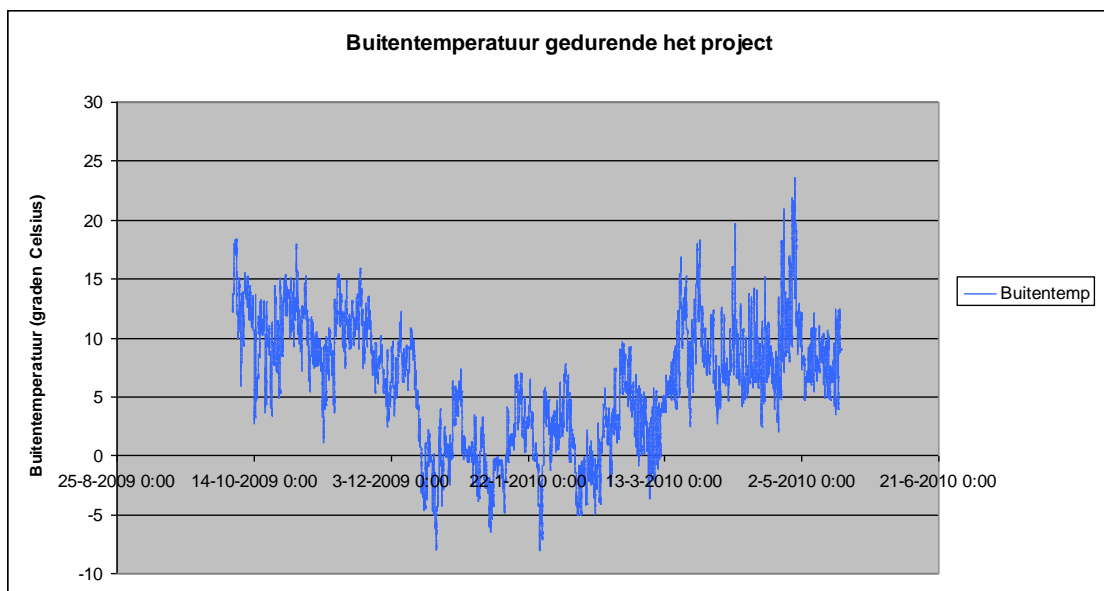
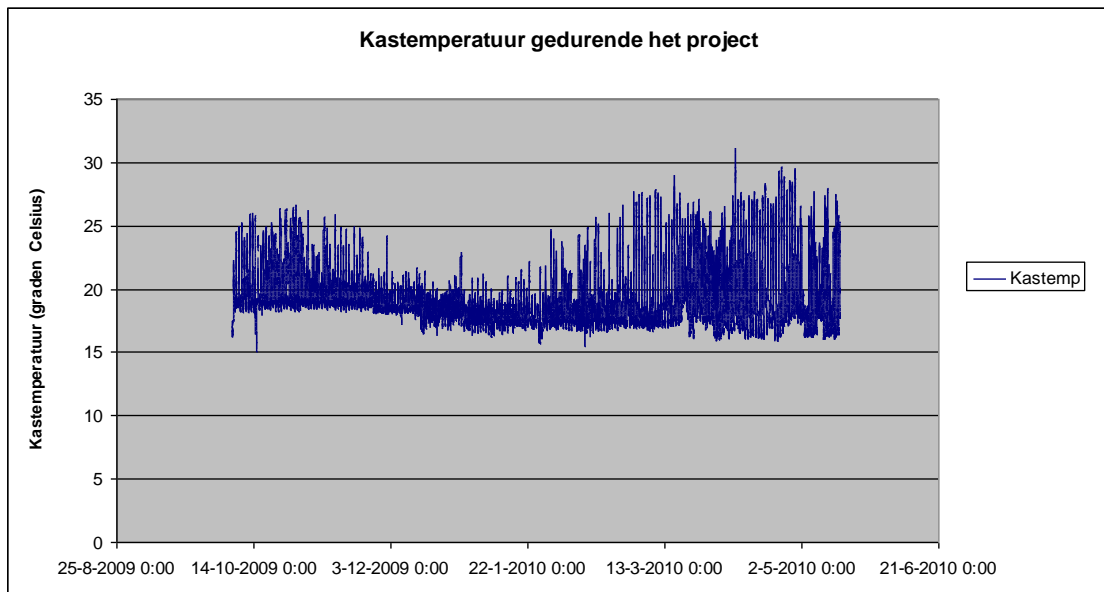
Demokwekerij Zwethin 52 2675 LB HONSELERSDYK		5-10-2009
Onderzoeknummer	2	
Gewas	: gerbera	
Meststoffen	: van Iperen	
Waterschema	: A 0.0.0.	
EC-gift	: 2,00	
Hoeveelheid per: 1000 l		
Bak A :Meststof		
Salpeterzuur	:	25,1 l
Kaliloog	:	14,0 l
Kalksalpeter	:	100,1 l
Ammoniumnitraat	:	6,3 l
IJzerchelaat DTPA 6% of	:	3725,0 g
IJzerchelaat DTPA 3% vlb	:	5,8 l
Hoeveelheid per: 1000 l		
Bak B :Meststof		
Salpeterzuur	:	25,1 l
Fosforzuur	:	19,6 l
Zwavelzuur	:	5,3 l
Kaliloog	:	31,4 l
Bitterzout NIEUW 45%	:	62,3 l
Mangaansulfaat 32%	:	85,0 g
Zinksulfaat 23%	:	115,0 g
Borax	:	285,0 g
Kopersulfaat	:	19,0 g
Natriummolybdaat	:	12,0 g
Start schema in kokos		

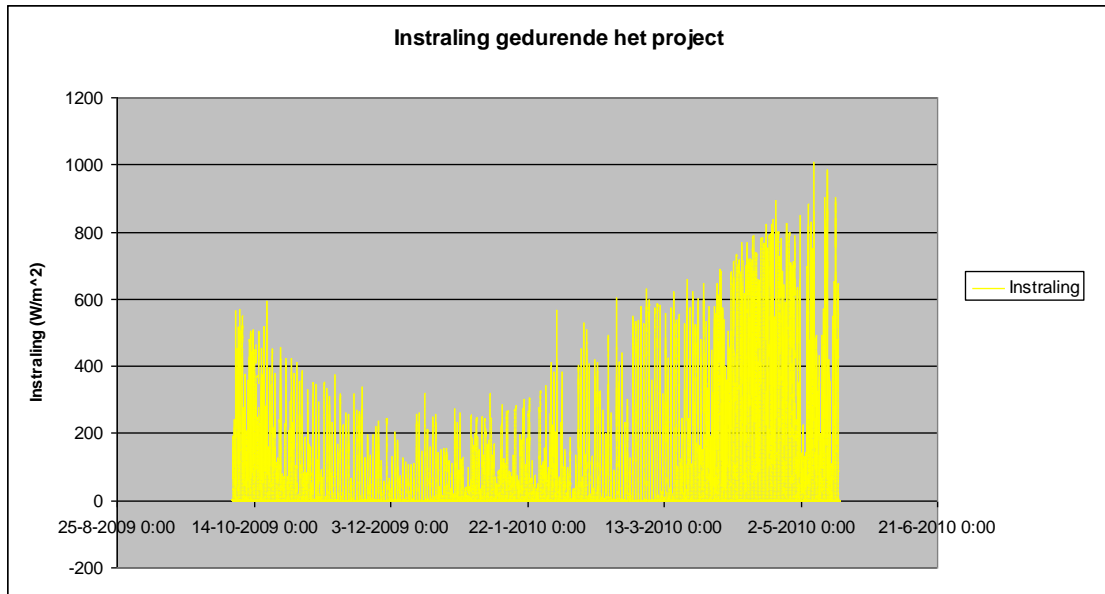
Figuur 69. Voedingsmedium schema voor kokos.

Demokwekerij Zwethin 52 2675 LB HONSELERSDYK		5-10-2009
Onderzoeknummer	1	
Gewas	: gerbera	
Meststoffen	: van Iperen	
Waterschema	: A 0.0.0.	
Teeltsysteem	: drainage	
Druppel EC	: 2,00	
Hoeveelheid per: 1000 l		
Bak A :Meststof		
Salpeterzuur	:	24,0 l
Kaliloog	:	13,4 l
Kalksalpeter	:	94,3 l
Ammoniumnitraat	:	18,9 l
IJzerchelaat DTPA 6% of	:	3725,0 g
IJzerchelaat DTPA 3% vlb	:	5,8 l
Hoeveelheid per: 1000 l		
Bak B :Meststof		
Salpeterzuur	:	24,0 l
Fosforzuur	:	18,3 l
Zwavelzuur	:	4,8 l
Kaliloog	:	29,4 l
Bitterzout NIEUW 45%	:	58,6 l
Mangaansulfaat 32%	:	85,0 g
Zinksulfaat 23%	:	115,0 g
Borax	:	285,0 g
Kopersulfaat	:	19,0 g
Natriummolybdaat	:	12,0 g
Start schema Steenwol		

Figuur 70. Voedingsmedium schema voor steenwol.

5.2 Bijlage 2: Klimaat gegevens





5.3 Bijlage 3: Proefschemas

Schema Wortelkwaliteit 2009

proef	beschrijving	potten	condities	aantal planten per conditie	totaal aantal planten	totaal 2mx20m		destructieve tussendeel 1	destructieve tussendeel 2	destructieve eindbeoordeling	totaal
						aantal vakken	aantal planten per m ²				
proef 1	verschillende vochtgehaltes in fijn kokos substraat op zandbedden	2,5L doorzichtige binnenpot, 3L terracotta buitenpot (bodemploos)	85%, 65%, 45%, 2x alternierend	54	270	10 (2mx1m)	13.5	60	60	150	270
proef 2	verschillende volumes steenwol	4L zwarte buitenpot	1: normaal 2: 25mm gaten 25mm PVC	50	150	10 (2mx2m)	3.75	30	30	90	150
proef 3	splitroot met grof en fijn kokos substraat	2,5L doorzichtige binnenpot (met tussenschot), 3L terracotta buitenpot	1: grof/grof fijn/fijn 2: grof/fijn 3: grof/fijn 4: grof zonder schot 5: fijn zonder schot	50	250	10 (2mx2m)	6.25	50	50	150	250
						670		1000 planten besteld		670	330 rand planten

Schema Wortelkwaliteit 2010

proef	beschrijving	potten	condities	aantal planten per conditie	totaal aantal planten	totaal 2mx10m		(helpt staat nog vol met deel 1 planten)		destructieve eindbeoordeling	totaal
						aantal vakken	aantal planten per m ²	destructieve tussendeel 1	destructieve tussendeel 2		
proef 1	verschillende vochtgehaltes in fijn kokos substraat op zandbedden	2,5L doorzichtige binnenpot, 3L terracotta buitenpot (bodemploos)	i. hoog-laag-hoog vocht ii. laag-hoog vocht iii. Laag vocht iv. hoog vocht	27	108	4 (2mx1m)	13.5	9	9	9	27
proef 2	verschillende volumes steenwol	4L zwarte buitenpot	i. Controle steenwol met afgedekte bovenkant. ii. Steenwol met gaten en afgedekte bovenkant.	40	80	5 (2mx2m)	4	20	20	20	60
proef 3	splitroot met grof en fijn kokos substraat	3L terracotta buitenpot	i. Controle steenwol ii. Controle kokos grof iii. Controle kokos fijn iv. Steenwol / kokos grof v. Steenwol / kokos fijn	40	200	5 (2mx2m)	10	50	50	50	150
						388		1000 planten besteld		388	237

6 Literatuur

Agner, H. and Schenk, M.K. (2006): Plant effects on variability of denitrification N emissions in cultures of potted ornamental plants. *Europ. J. Hort. Sci.* 71, 15-20.

Hamilton JL, Lowe RH 1981. Organic matter and N effects on soil nitrite accumulation and resultant nitrite toxicity to tobacco transplants. *Agron.J.* 73: 787-790.

McBurney 1992 The Relationship Between Leaf Thickness and Plant Water Potential *J. Exp. Bot.* 43 (3): 327-335.