



# Literatuurstudie Chrysant los van de grond

- met specifieke aandacht voor de case MobyFlowers

Tycho Vermeulen







# Literatuurstudie Chrysant los van de grond

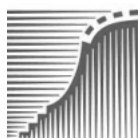
- met specifieke aandacht voor de case MobyFlowers

Tycho Vermeulen

© 2009 Wageningen, Wageningen UR Glastuinbouw

Alle rechten voorbehouden. Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd, opgeslagen in een geautomatiseerd gegevensbestand, of openbaar gemaakt, in enige vorm of op enige wijze, hetzij elektronisch, mechanisch, door fotokopieën, opnamen of enige andere manier zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van Wageningen UR Glastuinbouw

Het onderzoek is gefinancierd door:



**landbouw, natuur en  
voedselkwaliteit**

## **Wageningen UR Glastuinbouw**

Adres : Violierenweg 1, 2665 MV Bleiswijk  
: Postbus 20, 2665 ZG Bleiswijk  
Tel. : 0317 - 48 56 06  
Fax : 010 - 522 51 93  
E-mail : [glastuinbouw@wur.nl](mailto:glastuinbouw@wur.nl)  
Internet : [www.glastuinbouw.wur.nl](http://www.glastuinbouw.wur.nl)

# Inhoudsopgave

	pagina
Voorwoord	1
Samenvatting	3
1 Inleiding	5
1.1 Aanleiding studie	5
1.2 Doelen voor de literatuurstudie	5
1.3 Werkwijze	5
2 Teeltsystemen	7
2.1 Substraatbed	7
2.2 Nutrient Film Technique (NFT)	8
2.3 MobyFlowers	9
2.4 Eb/vloed	12
2.5 Deep Flow (waterbassin)	13
2.6 Wortelbesproeiing	13
2.7 Capillair weefsel	14
3 Plantkundige basis	15
3.1 Behoeften van de wortels	15
3.2 Behoeften van de plant	20
3.3 <i>Pythium</i>	23
3.4 Substraten	25
4 Ontwikkelingsrichtingen teeltsystemen	29
4.1 Systeemontwikkeling	29
4.2 Suggesties voor verdere kennis ontwikkeling	31
4.2.1 Stress van fase-overgang verminderen	31
4.2.2 Sturing op worteltype	33
4.2.3 EC	34
5 Conclusies en aanbevelingen	35
5.1 Conclusies - Teeltsystemen	35
5.2 Aanbevelingen	35
5.2.1 Bouwstenen voor teeltsystemen voor chrysantenteelt los van de grond	35
5.2.2 Kenniskansen	36
5.2.3 Mobyflowers	37
Literatuurlijst	39
Bijlage I. Terugkoppeling met de praktijk	1 p.
Bijlage II. Overzicht teeltsystemen	9 pp



# Voorwoord

Veel mensen hebben bijgedragen aan deze literatuurstudie. Al vele jaren is er onderzoek gedaan naar de kansen voor de chrysantenteelt los van de grond. Als relatieve buitenstaander heb ik geprobeerd een fris overzicht te geven van wat we die jaren geleerd hebben. Ik kon dat niet zonder de experts die indertijd, en ook op dit moment nog, zelf bij het onderzoek betrokken waren: Ruud Maaswinkel, Pim Paternotte, Fokke Buwalda, Erik van Os, Steven Driever, Wim Voogt, Marc Ruijs, Chris Blok, Peter van Weel, Marcel Raaphorst, Eldert van Henten (Wageningen UR Glastuinbouw), Begeleidingsgroep MobyFlowers, Rene Corsten (DLV) en Paul Bol (Mobyflowers). Zeer veel dank voor uw bijdrage. Bijzondere dank voor Erik van Os en Chris Blok voor het kritisch meedenken bij de opzet van de studie en de rapportage.

Het onderzoek is gefinancierd vanuit het systeeminnovatieprogramma geïntegreerde en beschermde teelten van het ministerie van LNV en door het Productschap Tuinbouw.





## Samenvatting

De mogelijkheden van chrysantenteelt los van de grond worden al sinds de opkomst van substraatteelt in de jaren '70 onderzocht. De wens om los van de grond te komen wordt door meerdere drijfveren ingegeven. De belangrijkste drijfveer voor het ontwikkelen van de teeltsystemen sinds de jaren '90 zijn de mogelijkheden om emissie van meststoffen en gewasbeschermingsmiddelen naar het grond- en oppervlaktewater te reduceren. Daarnaast spelen teelttechnische en bedrijfsorganisatorische aspecten: betere teeltsturing, uniformiteit, productieverhoging, ruimtebesparing en arbeidsbesparing. Toch is er nog geen rendabel systeem in de markt voor de chrysantenteelt op substraat. Deze literatuurstudie geeft een overzicht van de teeltsystemen en knelpunten, en daarmee een overzicht van ontwikkelingsrichtingen voor de chrysantenteelt los van de grond. Daarnaast geeft de studie nieuwe inzichten en aanbevelingen voor het versterken van het systeem bij MobyFlowers.

In principe kan de chrysant in elk teeltsysteem groeien. Hoe succesvol een systeem is hangt af van de rentabiliteit en de betrouwbaarheid van het systeem: de mate waarin voldaan wordt aan de plantbehoefte en de robuustheid bij grootschalige aanleg. De bouwstenen uit dit rapport dragen bij aan het verhogen van deze betrouwbaarheid. De betrouwbaarheid van een systeem is afhankelijk van hoe goed het kan voldoen aan de behoeften van de plant. We onderscheiden behoeften van de wortel (goede, regelmatige verversing van het voedingswater rond de wortel, beschikbaarheid van zuurstof, beperken van schommeling en ongelijkheid in EC, pH, vocht en voedingsbalans) en het klimaat (sturen op fotosynthese en verwerking van assimilaten, en benutten van mogelijkheden voor teeltversnelling door het vermijden van grote overgangen in licht en RV). Daarnaast maken ziekten een systeem onbetrouwbaar. De belangrijkste ziekteverwekker voor chrysanten los van de grond, *Pythium*, is warmteminnend (symptoomontwikkeling ontstaat boven de 20°C. Het optimum voor *Pythium* ligt tussen de 35 en 40°C). De infectierisico's nemen toe wanneer er wortels afsterven, of wanneer er nieuwe gemaakt worden. In beide gevallen worden wortellexudaten uitgescheiden die pythiumsporen aantrekken. Wortelafsterving gebeurt als gevolg van onbalans in de watertoevoer (droogte of te nat), maar ook na de overgang van de lange dag naar de korte dag, wanneer de wortels ineens minder sucrose aangevoerd krijgen. Wortelgroei neemt toe bij het verlagen van de EC. Mogelijke strategieën om het infectierisico te verlagen zijn hygiënemaatregelen, verversen van voedingswater voordat *Pythium* kans heeft een infectiebuis te vormen (3 uur), verlagen van de temperatuur (tot 20°C) en geven van voldoende calcium en EC voor sterke wortels. De optimale concentraties en gehalten zijn niet nader onderzocht in deze studie.

Kansen voor verbetering en versnelling van de chrysantenteelt liggen in het verhogen van de kennis over plantbehoefte. Belangrijke ontwikkelrichtingen zijn 1) modellen voor watergeeffrequentie en - volume gericht op wortelbehoefte en specifieke wortelmorfologie, 2) optimaliseren EC-regime gedurende de teelt en in de verschillende seizoenen, 3) voorkomen/verzachten van fase-overgangen (licht en RV), 4) optimaliseren van verdamping en 5) strategieën voor pythiumbeheersing op basis van temperatuur, EC en watergeefstrategie.

Ontwikkelingsrichtingen voor het systeem bij bedrijf Mobyflowers liggen in het voorgaande, en specifiek in de sterkere monitoring en beheersing van temperatuurschommeling, RV, EC, vochtgehalten en pH (ontwikkelingsrichtingen zijn ingezet in lopend onderzoek).



# 1 Inleiding

## 1.1 Aanleiding studie

De mogelijkheden van chrysantenteelt los van de grond worden al sinds de opkomst van substraatteelt in de jaren '70 onderzocht. Met name de ontwikkeling van het telen op steenwol heeft chrysantentelers en onderzoekers geïnspireerd tot een aantal serieuze pogingen chrysanten los van de grond te telen. Toch is er nog geen systeem in de markt voor de chrysantenteelt op substraat. Daarbij komt dat de enige lopende pilot met telen op substraat - het teeltsysteem bij het bedrijf MobyFlowers - nog grote problemen ondervindt met ziektegevoeligheid. MobyFlowers is van start gegaan in 2006 met de teelt op goten (zie paragraaf 2.3). Deze literatuurstudie is bedoeld om al het onderzoek naar substraatteelten bij chrysant en praktijkervaringen in de afgelopen 30 jaar nog eens tegen het licht te houden.

De wens om los van de grond te komen wordt door meerdere drijfveren ingegeven. De belangrijkste drijfveer voor het ontwikkelen van de teeltsystemen sinds de jaren '90 zijn de mogelijkheden om emissie van meststoffen en gewasbeschermingsmiddelen naar het grond- en oppervlaktewater te reduceren. Daarnaast spelen teelttechnische en bedrijfsorganisatorische aspecten: betere teeltsturing, uniformiteit, productieverhoging, ruimtebesparing en arbeidsbesparing. Als gevolg van de Kader Richtlijn Water staat het terugdringen van de emissie van nutriënten en gewasbeschermingsmiddelen weer sterk in de belangstelling. De reguliere chrysantenteelt heeft echter de afgelopen jaren grote stappen gemaakt in de ruimtebenutting en de snelheid van oogst en teeltwisseling. Daarnaast zijn de knelpunten met grondteelt nog beheersbaar. Vanwege deze hoge efficiëntie in de grondteelt, ligt de lat voor nieuwe teeltsystemen los van de grond erg hoog.

## 1.2 Doelen voor de literatuurstudie

De literatuurstudie richt zich op 1) het vinden van bouwstenen voor het ontwikkelen van een teeltsysteem voor chrysanten los van de grond en 2) vinden van nieuwe inzichten voor verbetering van het teeltsysteem van MobyFlowers. De studie is gemaakt op basis van literatuur over studies aan chrysanten, en aangevuld met bredere expertise over teeltsystemen en plantenfysiologie bij meerdere onderzoekers en experts vanuit de praktijk.

## 1.3 Werkwijze

Dit onderzoek is een literatuurstudie waarbij gebruik is gemaakt van ervaringskennis van de betrokken onderzoekers. Deze ervaringskennis is in vier bijeenkomsten met verschillende groepen experts en door middel van meerdere interviews vergaard.

In eerste instantie is getracht om alle gebruikte teeltsystemen en proefopzetten uit te werken in een overzichtstabel, met de relevante parameters en bevindingen. Dit gaf een interessant overzicht van de grote variatie van teeltsystemen die onderzocht zijn (zie Bijlage II). Vervolgens zijn de onderzoekers de kritische knelpunten voor alle systemen gaan 'scoren'. Hier zijn de ervaringen van proeven ingedeeld naar knelpunten met bijvoorbeeld zuurstofgebrek, verslibbing en economie. Uit de inventarisaties zijn acht systemen onderscheiden. Deze acht systemen zijn terug te vinden in Hoofdstuk 2. De beschrijving van deze systemen geeft een goed overzicht van de specifieke knelpunten waar deze systemen tegenaan lopen.

Als volgende richting van deze literatuurstudie zijn de leerervaringen uit meer wetenschappelijke studies op een rij gezet. Dit leidde onder andere tot inzicht over de frequentie van de watergift, inzicht in de pythiumproblematiek en een overzicht van de voor- en nadelen van verschillende substraten. Deze lessen zijn aangevuld door onderzoekers die zelf actief betrokken zijn (geweest) bij chrysantenonderzoek, en verwerkt in Hoofdstuk 3.

Als laatste deel van het literatuuronderzoek zijn studies met goed beschreven resultaten opnieuw geïnterpreteerd om door studies naast elkaar te leggen tot nieuwe inzichten te komen. Dit leidde tot enkele inzichten die verdere uitwerking behoeven. In meerdere studies werden meer resultaten opgeleverd dan destijds verwerkt in de conclusies. Dergelijke resultaten moeten eerst goed op waarde geschat worden - de proefopzet was immers gericht op het beantwoorden van een andere onderzoeksvraag, maar bleken meerdere keren zeer waardevol. Als voorbeeld gelden de figuren in paragraaf 4.2.1, waar de initiële dip in de grafiek van CO<sub>2</sub>-opname en turgor direct na de bewortelingsfase niet door de onderzoekers werd benoemd. De bevindingen uit deze aanpak zijn besproken met experts op het gebied van plantfysiologie, plantenziekten en teeltsystemen en met experts uit de praktijk. De bevindingen van deze geïntegreerde benadering zijn te vinden in paragraaf 4.2.

Voor een vertaling van de bevindingen naar de praktijk zijn enkele gesprekken gevoerd met praktijkexperts. De verslagen van deze gesprekken zijn te vinden in Bijlage I.

Het rapport geeft derhalve een overzicht van teeltsystemen los van de grond (Hoofdstuk 2), een inzicht in fysiologische basis-principes van de chrysant en de kennishiaten (Hoofdstuk 3), enkele inzichten over systeemontwikkeling en teeltsturing (Hoofdstuk 4), en conclusies en aanbevelingen (Hoofdstuk 5).

## 2 Teeltsystemen

Per teeltsysteem wordt een schematische afbeelding gegeven. Eventueel volgt er een korte toelichting over aanvullende gegevens bij het systeem. Vervolgens geeft de analyse 1) de kansen (= sterke punten, voordelen ten opzichte van andere systemen), 2) uitdagingen (problemen die na verloop van tijd, of in andere onderzoeken/praktijkproeven overkomen werden) en 3) knelpunten (problemen die nog niet opgelost zijn).

### 2.1 Substraatbed

Substraatbedden bestaan uit een uitgefreesde ondergrond met een afschot met daaroverheen een folie. Op dit folie ligt substraat. Ook op tafels zou substraat aangebracht kunnen worden, zodat het functioneert als een substraatbed. De watervoorziening kan gebeuren via de regenleiding of via druppelirrigatie (zie lijnen in de figuren). De afvoer van water (drain) uit de teeltlaag verloopt door het aangebrachte afschot. De afgebeelde varianten geven een stek direct in het teeltsubstraat (bovenste figuur) en een perspot of plug die bovenop het teeltsubstraat geplaatst wordt (onderste figuur). De wortels groeien uit de perspot het teeltsubstraat in.

#### *Kansen*

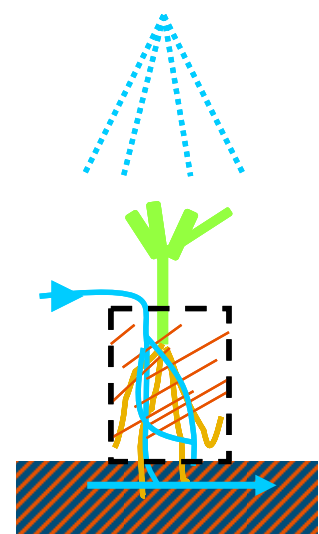
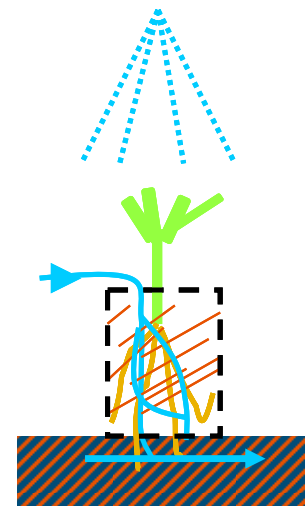
Substraatbedden vergen de minste extra investering van de verschillende teeltsystemen los van de grond (Anoniem, 1997). Afhankelijk van het type substraat kan er daarbij gewerkt worden met de apparatuur die ook in de grondteelt toegepast wordt. In proeven in de Denarkas werden de beste resultaten gevonden met een hogere laag grond (40 cm) of met kleikorrels (10-14 cm) (Emmerik, 1994).

#### *Uitdagingen*

De substraatkeuze is zeer belangrijk. Substraat moet de juiste zuigkracht hebben om voldoende beschikbaar vocht rond de wortels te hebben. Grove substraten houden weinig vocht vast (Still, 1977) en geven een hoger drain percentage (Anoniem, 1997), waardoor er frequent water gegeven kan (en moet) worden. Fijnere substraten daarentegen bieden een betere vochtverdeling (Verhagen, 1993; Anoniem, 1997), maar kunnen onderin ook teveel vocht vasthouden waardoor een zuurstofarme omgeving ontstaat. Te fijne substraten kunnen daarnaast ook gaan inklinken door werkzaamheden. Uit meerdere onderzoeken blijkt dat chrysanten een minimale luchthoeveelheid in het substraat wensen van 35% (Warmenhoven & Baas, 1995; Warmenhoven, 1995).

Het werken met een grover substraat onderin (evt. afgeschermd met worteldoek) zal dit spons-effect van het fijne substraat meestal niet kunnen wegnemen (pers. com. Wim Voogt). Bij verschillende substraten zal het meest fijne substraat (het substraat met de hoogste zuigspanning) het vocht vasthouden, waardoor geen goede afwatering ontstaat.

De watergift in dit systeem is uitgevoerd met zowel de reguliere beregening als met druppelslangen. Deze laatste vorm biedt een nauwkeuriger watergift en staat een frequentere watergift toe (gewas blijft droog). Druppelslangen zijn echter gevoeliger voor verstopping. Er werden 3 en later 5 druppelslangen per bed aangelegd voor een goede waterverdeling (veen substraat) – de watergift en frequentie zijn niet bekend (Anoniem, 1997).



Enkele kritische fasen in het watergeven zijn de beginfase - het aanslaan van de wortels in het substraat van het bed, en de eindfase wanneer watergift bovenlangs smet kan veroorzaken (Pekkeriet & Sonneveld, 2007).

Afhankelijk van het substraat kan een ongelijke oogst schade veroorzaken aan de buurplanten, doordat planten uit het bed getrokken moeten worden. Gelijke oogst loste dit probleem op (Anoniem, 1997)

In proeven binnen het project Mobysant (Pekkeriet & Sonneveld, 2007) werd enkele malen bruinkleuring geconstateerd van de onderste bladeren midden in het substraatbed (cocopeat). Er is niet nagegaan wat hiervan de oorzaak kon zijn.

### *Knelpunten*

In de onderzoeken werd nog geen oplossing gevonden voor meerjarig hergebruik van het substraat. Zowel bij fijn substraat als bij grof substraat trad onder in het bed verslibbing op door wortelresten. Door deze verslibbing verslechterde de waterafvoer, kwamen de wortels in een omgeving van zuurstofarm, stilstaand water en konden ziektekiemen overleven in het systeem (Anoniem, 1997).

## 2.2 Nutrient Film Technique (NFT)

Nutrient Film Technique wordt ook wel Voedingsfilm genoemd. NFT betekent watergift onderlangs, via een film van water door het teeltsysteem. De watergift is vaak discontinu om voldoende luchtuitwisseling met de wortels te verkrijgen.

Enkele varianten zijn:

- hangend potje/plug in een goot (gebruik in bladgroenten) (bovenste figuur).
- staande pot/plug, eventueel op een dunne mat (2-3 cm) en eventueel in een goot (middelste figuur).
- waterafvoer door middel van een afschot.

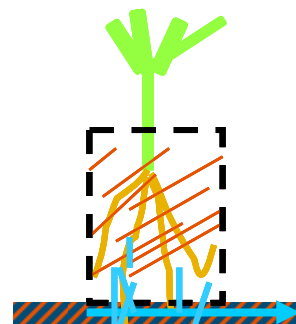
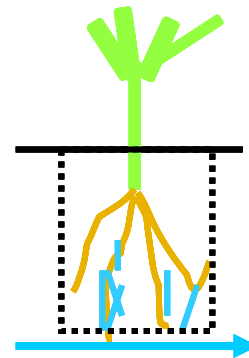
### *Kansen*

NFT is een relatief eenvoudig systeem en door de jaren sterk ontwikkeld. In bladgewassen (sla) wordt NFT met succes toegepast.

Het NFT-systeem biedt de mogelijkheid om de beworteling bij een continu laagje water te laten plaatsvinden. Pas als de wortels aangeslagen zijn, zou er ook met droog-perioden gewerkt kunnen worden (Morgan & Moustafa, 1989). Omdat het een waterig systeem is, kan de voedingssamenstelling snel worden aangepast aan de behoeften van de plant (Herve, 1989)

### *Uitdagingen*

De homogeniteit van groeiomstandigheden in de goot is moeilijk te behouden. Eigenlijk zijn alle voedingsparameters anders aan het begin van de goot dan aan het eind: pH (meer basisch aan het einde), EC en beschikbaarheid van voedingsstoffen (Heuvelink *et al.*, 2008, Verwer 1976, v.d.Meer, 1995, Blok *et al.*, 2008). Ook in teelten van bladgewassen wordt daarom gewerkt met maximale gootlengten van 5 meter (pers. com Peter Vijverberg). Een snellere doorstroming van voedingswater zou de ongelijkheid over de goot kunnen verminderen, maar veroorzaakt grotere drain.



### *Knelpunten*

De knelpunten bij NFT zijn de verdroging van wortels die niet in een substraatmat (mat van 1-3 cm) zitten, algenbloei en pythiuminfectie gerelateerd aan zuurstofarme omgeving bij substraateindjes of in de mat (Verwer, 1976; Anoniem, 1997).

Om zuurstofgebrek te voorkomen of te verminderen gaven grotere potten/pluggen de beste resultaten. In onderzoeken werkte men met potten van 8cm (Onstenk, 1977, Gislerod, 1982,) of 4 cm (v.d. Meer, 1995). Het is niet onderzocht wat het optimale volume is van de plug of pot in een NFT-systeem. Van belang is hier ook de gootbreedte, kan het water er na verloop van tijd (wortelgroei uit de pot) nog langs, zo niet dan wordt film snel dikker en is er meer kans op zuurstofarme omstandigheden. Ook het meest succesvolle substraat is niet bekend en zal sterk afhangen van de watergift frequentie en hoeveelheid. Morgan en Moustafa (1989) vond dat grof substraat (veen-perliet) of substraatloos het beste werkte.

De hoge kosten voor NFT-systemen, het gebrek aan buffercapaciteit rond de wortels (pH, temperatuur, EC) en de snelle verspreiding van ziekten maken waarschijnlijk dat NFT niet algemeen wordt toegepast in de tuinbouw (Raviv en Lieth, 2008, p. 164)

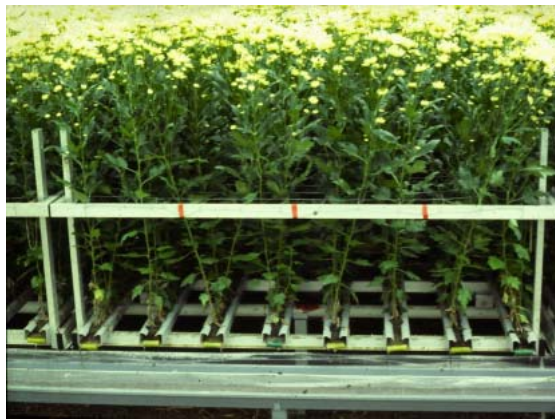


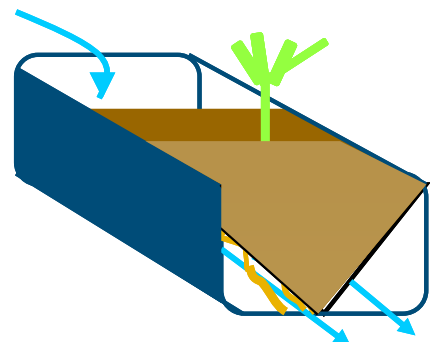
Foto. Teelt op voedingsfilm (bron: Maaswinkel).

## 2.3 MobyFlowers

In het systeem op het bedrijf MobyFlowers wordt aan het begin van de U-goot watergegeven. Het water zal vervolgens door de goot aflopen (1% afschot) en door het substraat in de V-goot opgezogen worden (zie schematische tekening). De wortels ontwikkelen zich eerst in het substraat van de V-goot en groeien dan de substraatloze U-goot in. De V-goot is gekozen om met het substraat de stek stevigheid te geven. Het is daarmee zowel een substraat-systeem als een NFT-systeem. Dit is terug te vinden in het wortelgestel: fijn vertakt in het substraat, en lange slierten in de U-goot op NFT (het is niet bekend of het groeien op twee wortelsystemen negatief is voor de plantontwikkeling!).

Er zijn vele substraten en -combinaties pot/plug-substraat (tussen pluggen) getest in het verleden. De beste substraten bleken grof kokos en veen (Blok *et al.*, 2008).

Ook de watergift kan verschillen: watergift onderlangs (als NFT in het begin van de goot) of bovenlangs via een druppelleiding of regen). Watergift bovenlangs bleek in de praktijk niet haalbaar door de heterogene verdeling van het water.



### *Kansen*

Zoals op het bedrijf MobyFlowers te zien is, biedt het werken met goten geeft veel mogelijkheden voor effectief gebruik van bedrijfsruimten voor specifieke teeltfasen, en efficiënte bedrijfslogistiek. Dit werd eerder ook beschreven door Van Os (1980).

### *Uitdagingen*

De schade door pythiuminfectie (of de oorzaken die leiden tot sub-optimale groeiomstandigheden, met *Pythium* als gevolg) wordt gezien als het centrale knelpunt in dit teeltsysteem (Blok *et al.*, 2008). Plant-uitval is vooral groot in de warme (zonnige) tijd van het jaar (Van der Lugt *et al.*, 2008). Door het sponseffect van het substraat zouden zuurstofarme omstandigheden kunnen ontstaan (Pekkeriet & Sonneveld, 2007) - vooral aan het einde van de goot en bij 'substraateinden' (onderbrekingen tussen het substraat) (Blok *et al.*, 2008) Van der Lugt *et al.* (2008) vonden echter geen langdurige zuurstofgebrek in hetzelfde teeltsysteem. In vervolgstudies zal worden gekeken naar de gevolgen van klimaat (RV-overgangen en homogeniteit in de afdeling), lichtsterkte en worteltemperatuur op de plantstress, groei en pythiumschade. Het onderzoek richt zich dan vooral op de jonge fase van de plant (eerste 4 weken) (PT- project in uitvoering Blok *et al.*, 2008).

### *Knelpunten*

De spreiding in het vochtgehalte, EC en pH over de lengte van de goot (7,7 meter) blijkt zeer groot te zijn bij een afschot van 8 cm (1%). Er werden door Van der Lugt *et al.* (2008) verschillen van 5-10% gevonden – vochtiger aan de uitlaat-kant van de goot. Daarbij bleek een frequente watergift (elk uur, 10 x 12 sec/dag) een gelijkmatiger vochtgehalte gedurende de dag in het substraat te geven dan 3-4 giften per dag (Pekkeriet & Sonneveld, 2007; Van der Lugt *et al.*, 2008). De fluctuaties zijn extremer op warmere dagen. Gedurende de teelt loopt de EC op. Metingen bij MobyFlowers (vd Lugt *et al.*, 2008) laten een verhoging zien van 2,2-2,4 mS/cm tot 4 mS/cm (elke uur watergift) en zelfs 5 mS/cm bij 3-4 watergiften per dag. Deze stijging vond plaats binnen 4 weken in de maand juli, in de KD-fase van de teelt. Over de lengte van de goot blijkt de pH op te lopen (pers. com. Peter Vijverberg). Hoe dit pH verloop ontstaat, wordt beschreven in hoofdstuk 3.1. De volumes van de watergift zijn niet benoemd, maar in de praktijk wordt er water gegeven totdat er drain uit de goot komt (pers. com. Peter Vijverberg).

Van de Lugt *et al.* (2008) vonden dat goten waar lagere producties behaald werden ook meer uitval van planten hadden in de volgteelt – terwijl chemische bestrijding tijdens de teelt symptomen verminderden. Hieruit concludeerden de onderzoekers dat de problemen ziekteverwekker-gerelateerd zijn, en dat hygiëne zeer essentieel is. Het was echter niet duidelijk of de uitval toe te schrijven was aan *Pythium*, of aan andere ziekteverwekkers zoals fusarium (oxysporum, solani) of phythophthora. De hygiënemaatregelen tussen teelten zijn sindsdien verscherpt tot borstelschoonmaken (verwijderen van grove delen) en spuiten met hypochloriet of peroxide (pers Comm. Chris Blok). Er is geen verhoogde uitval meer waargenomen in volgteelten op goten waar eerder lagere producties behaald werden.

Recente bevindingen van Wageningen UR leggen daarnaast suboptimale bovengrondse condities bloot (stress-factoren): schommelingen in RV en ongewenste luchtbewegingen en temperatuurschommelingen (pers Comm Jouke Campen).

Sterkere monitoring en beheersing van temperatuurschommeling, RV, EC, vochtgehalten en pH zouden al afdoende kunnen zijn om het teeltsysteem van Mobyflowers succesvol te maken. Daarnaast is de reiniging van de goten tussen de teelten door van groot belang (vd Lugt, 2008).





Foto's. V- en U-goten systeem (foto's: Tycho Vermeulen).



Foto. V- en U-goten systeem (foto: Chris Blok).

Andere denkrichtingen voor systeeminnovatie op goten zijn:

- Stek in een deksel klemmen, en volledig via NFT-werken (met perspot of conisch plugje- zoals nu in de sla toegepast wordt, of als naakte stek).
- Verbeterde afvoer van het water door geleidelijke overgang in zuigkracht van substraat naar drain - een koordje wat door de hele V-goot en tot in de draingoot loopt.
- Werken met rijkere substraten (veen-mengsels) - wordt momenteel toegepast bij MobyFlowers
- Wet Sheet Culture-achtig systeem (paragraaf 3.8) in de U-goot maken: natte doek onder in de goot, met daarop een worteldoek. De V-goot zal in dit geval verwijderd moeten worden. Het WSC-systeem heeft echter nog een grote doorontwikkeling nodig om te komen van experimentele opzet tot een te demonstreren teeltsysteem.

Deze denkrichtingen resulteren echter in volledig nieuwe systemen met eigen beperkingen en onzekerheden. Het zijn derhalve geen oplossingen voor het bedrijf MobyFlowers, maar nieuwe gedachten op het 'thema' van telen in goten.

## 2.4 Eb/vloed

Eb/vloed is het periodiek aanbrenge van een laag water. Het water kan hoog opgezet worden (met de hele wortelkluif onder water) of lager. Hiernaast staan twee figuren. Bij de bovenste tekening met hoog opgezette eb/vloed worden de planten vastgehouden in een deksel, of wordt gewerkt met zeer grof substraat, zoals kleikorrels. De onderste figuur laat een bed zien met grof substraat (bv. kleikorrels of grof veen), waar een pot of plug op gezet wordt. Voor de aanworteling in het substraat zal het vloedniveau in het begin tot de perspot/plug komen, terwijl het niveau later in de teelt lager kan zijn.

### Kansen

Dergelijke systemen bieden een zeer homogene waterverdeling bij de wortels en goede productie (Anoniem, 1997). De wortel blijkt in dit systeem goed in staat om zuurstof op te nemen, en ook na meerdere teelten kan zonder pythiumbestrijding een ziektevrije teelt behaald worden (Buwalda & Kim, 1994; Buwalda *et al.*, 1994, Buwalda & Van den Berg, 1994; Buwalda *et al.*, 1995).

### Uitdagingen

Bij het systeem van een perspot/plug op een substraatbed is goed contact tussen substraat en perspot en een initiële hoge vloedstand van groot belang (Anoniem, 1997). De perspot/plug moet echter niet continu verzadigd zijn met water, om zo zuurstoftekorten te voorkomen (Verhagen, 1992). Een homogene groei later in de teelt bleek niet altijd even gemakkelijk. Het was niet duidelijk of dit kwam door lichtgebrek of verdringing (Buwalda *et al.*, 1994, Buwalda & Van den Berg, 1994).

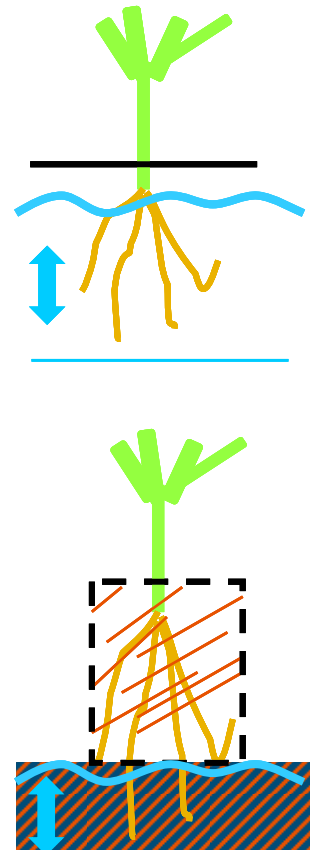
Het substraat moet grof zijn voor een homogene waterverdeling (Verhagen, 1993).

Reiniging van een systeem met substraat is lastig. Na meerdere teelten hopen de residuen (wortelresten) zich op onder in het systeem. Hierdoor draineert het water slechter weg, en ontstaan zuurstoftekorten bij de wortels die op de bodem komen te liggen.

Een laatste uitdaging is het grote te ontsmetten volume water (Anoniem, 1997). Buwalda *et al.* (1994) vinden echter geen ziekteschade als gevolg van recirculatie van niet-ontsmet water.

### Knelpunten

Eb/vloed systemen lijken te kostbaar voor opschaling (Ruis *et al.*, 1990). Een belangrijke kostenpost is het substraat. Ook is het systeem niet op grote schaal getest.



## 2.5 Deep Flow (waterbassin)

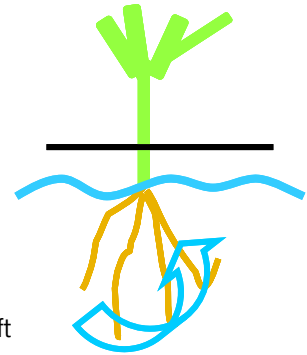
Het waterbassin is vooral gebruikt in experimentele opzet. De planten hangen direct met de wortels in het water. Het water wordt rondgepompt om lokale zuurstoftekorten te voorkomen en om het water rond de wortels regelmatig te verversen.

### *Kansen*

Het systeem geeft een goede beworteling (Kim, 2006).

### *Uitdagingen*

Circulatie en aëratie in het bassin is essentieel voor wortelgroei. Zonder circulatie ontstaan korte, dikke wortels die onder het wateroppervlak clusteren. In zo'n geval blijft de groei iets achter (Morgan & Moustafa, 1989). Echter ook met circulatie kunnen er lokale zuurstofproblemen in de wortelkluut ontstaan (Baas *et al.*, 1990).



Net als bij eb/vloed wordt er in dit systeem gewerkt met een groot watervolume, wat ontsmet zou moeten worden. Dit knelpunt is verder niet onderzocht.

### *Knelpunten*

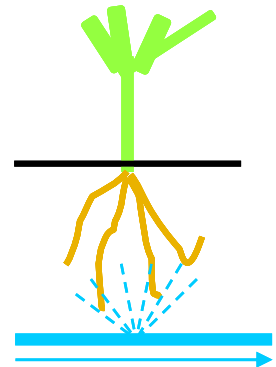
Het systeem is niet op praktijkschaal getoetst voor chrysanten.

## 2.6 Wortelbesproeiing

Bij systeem van wortelbesproeiing krijgt de plant stevigheid doordat het ingeklemd is in gaatjes in een deksel of in een plaat. Via sproeiers wordt het voedingswater tegen de wortels aangesproeid. Dit kan van onderaf gebeuren, of met sproeiers die onder het deksel/plaat hangen tussen de wortels in (pers Comm. Peter van Weel, foto 3.2)

### *Kansen*

Het systeem van wortelbesproeiing is gericht op het benaderen van de optimale omstandigheden voor de plant. Het is in dit systeem daarom ook mogelijk om teeltversnelling te bereiken door teelfasen ineen te schuiven. In de beginfasen werd gekeken naar zeer hoge frequenties van watergift (elke minuut) (Swinkels *et al.*, 1994, Steekelenburg & Van der Hoeven, 1993). Inmiddels wordt er gewerkt met frequenties van enkele malen per uur (pers. com. Peter van Weel)



### *Uitdagingen*

In de vroege ontwikkeling van dit teeltsysteem was het grootste knelpunten de storingsgevoeligheid van het watergeefstelsel in verhouding tot het geringe bufferende vermogen - er is geen substraat dat schommelingen in temperatuur en droogte kan opvangen (Anoniem, 1997). Daarbij moest nog veel geleerd worden van de nodige watergeeffrequentie in relatie tot de verdamping (die weer sterk gerelateerd is aan de instraling en het vochtdeficiet) (vd Wiel van Son, 1991).

De stevigheid van de plant in de beginfase van de teelt is in dit systeem afhankelijk van een plug of een verankering aan het deksel. Er zijn verschillende pluggen onderzocht (Anoniem, 1997). In de Denarkas werd geconcludeerd dat de gelijmde veenplug de meeste kansen bood. Te natte pluggen veroorzaken echter afsterving of achterblijvende groei. Ook later in de teelt kan een (te) natte plug een invalsroute zijn voor ziekten. Er is geen verder onderzoek

gedaan naar pluggen, of naar nieuwe materialen dat als plugmateriaal kan dienen. Fleurago vindt de beste resultaten bij stekken zonder pluggen (Pers. comm. Peter van Weel).

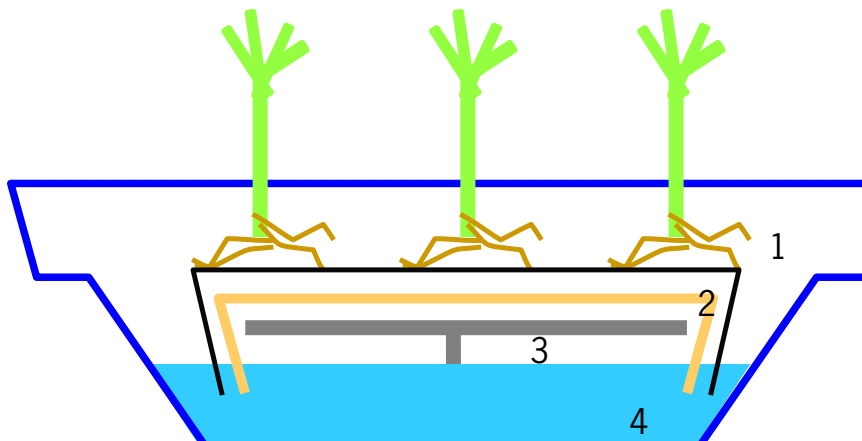
### *Knelpunten*

Het teeltsysteem is nog niet op praktijkschaal getoetst voor chrysanten.

## 2.7 Capillair weefsel

In deze experimentele opzet leggen Sakamoto *et al.* (2001) een doek op een tafel. Via capillaire werking wordt het doek op de tafel nat. Op het doek ligt anti-worteldoek om penetratie van de wortels in het doek te voorkomen. Deze opzet gaf een goede productie (vergelijkbaar aan de teelt in de grond).

Dit experiment toont aan dat de wortel niet perse zuurstof uit het water hoeft te halen. In dit geval had het water een zeer lage  $O_2$ -concentratie (2 ppm). De wortel is in staat zuurstof uit de lucht te halen, en tegelijkertijd water op te zuigen. Dit werd ook aangetoond in de proeven met een continu (hoge) waterstand (par. 3.4.). Het systeem kan echter alleen werken als de water- en nutriëntenaanvoer voor alle planten in het systeem symmetrisch is, i.e. dezelfde afstand tot het watervlak hetzelfde. De middelste plant in de figuur hieronder zal dus zeker minder produceren (van der Meer, 1996).



1. worteldoek
2. doek (2 mm)
3. tafel
4. voedingsoplossing

*Figuur. Opstelling Wet Sheet Culture (Sakamoto, et al., 2001).*

## 3 Plantkundige basis

Uit de literatuurstudie is vervolgens algemene kennis onttrokken over de behoeften van de plant. De lessen uit 30 jaar chrysantenonderzoek zijn vervolgens door experts aangevuld om zo ook de niet gedocumenteerde (ervarings)-kennis toe te voegen en zo een goed beeld te schetsen van de plantbehoeften van de chrysant. Dit hoofdstuk geeft deze kennis per onderwerp weer:

1. Behoeften van de wortels
2. Behoeften van de plant
3. *Pythium*
4. Substraat

### 3.1 Behoeften van de wortels

De wortels hebben als primaire functies de verankering, en de opname van voedingsstoffen en water. Daarnaast produceert de wortel ook hormonen, en wordt het bij sommige gewassen gebruikt voor opslag van voedingsstoffen, vermeerdering en verspreiding.

#### *Morfologie*

De wortel zal een bepaalde morfologie ontwikkelen afhankelijk van de aanwezigheid van voedingsstoffen en water. De wortelmorfologie van de gezonde chrysanten is echter zelden beschreven. Uit de literatuur en van betrokkenen bij onderzoek komen de volgende typen naar boven:

- Fijnere vertakking van wortels in substraat/plug (kokos).
- Fijn vertakte wortel (zie Foto 3.1). Wortelbesproeiing leidt tot een breed wortelgestel, terwijl meedruppelen langs de stam tot een minder brede, naar beneden gericht wortelgestel leidt.
- Lange slierten in een NFT-systeem buiten de plug.
- Clustering van wortel net boven waterlijn (continue hoog water), met meer wortelharen dan bij de hoge waterstand. (Figuur 3.1) - onduidelijk of dit ook dikkere wortels waren.

De manier van watergeven bepaalt dus hoe de wortels zich ontwikkelen. Deze watergeefstrategie wordt vooral bepaald door de frequentie van watergift, type watergift (NFT, sproeien, druppelen, waterbassin, etc.) en substraattypen. Het is uit de studies moeilijk te bepalen welk type wortelstelsel meer succesvol is en welke tot grotere, stevigere, snellere bloemen leidt, omdat nooit alle systemen tegelijkertijd met elkaar zijn vergeleken. Een overgang van de ene watergeefstrategie op de andere kan betekenen dat een plant andere type wortels aan moet maken. In algemene plantkundige zin is bekend dat een onbelemmerd groeiende wortel door hormonen de vorming van zijwortels onderdrukt. De minste weerstand kan de balans al verstoren en de wortel tot vertakken aanzetten (Waisel *et al.*, 2002). Dit kan een periode van stress veroorzaken (oude gestel neemt niet voldoende op, nieuwe gestel is nog niet voldoende ontwikkeld), en groeivertraging.



*Figuur 3.1. Fijn vertakte wortel in systeem met wortelbesproeiing - Fleurago nov '08 (Foto Ruud Maaswinkel).*

Het effect van watersysteem op de wortelmorfologie werd ook gevonden in een proef in 1990, waar natte matten van fijn glaswol en steenwol in een continue laag water werden gelegd (Pon en Wever, 1990). In de proef kwam de substraatmat 5 of 2 cm boven het waterniveau uit. De steenwol bleek niet fijn genoeg om de aanworteling goed te laten verlopen, zodat de teelt in de fijne glaswol sneller op gang kwam. De achterstand in de steenwol werd later weer ingehaald.



*Figuur 3.2. Pon & Wever, 1990.*

Enkele interessante conclusies uit deze proef waren:

- Er was geen groeiremming waargenomen als gevolg van zuurstofgebrek.
- De wortels ontwikkelden zich in het gebied net boven de waterlijn (*anders gezegd*: naarmate het water hoger stond, was de beworteling minder diep), en bij de lagere waterstand vormden de wortels meer wortelharen dan bij de hoge waterstand. De wortels passen zich dus sterk aan de omstandigheden aan! Dit suggereert ook dat betrekkelijk kleine veranderingen in het waterregime gedurende de teelt de plant dwingen tot het aanpassen van het wortelstelsel.

### *Opname voedingsstoffen*

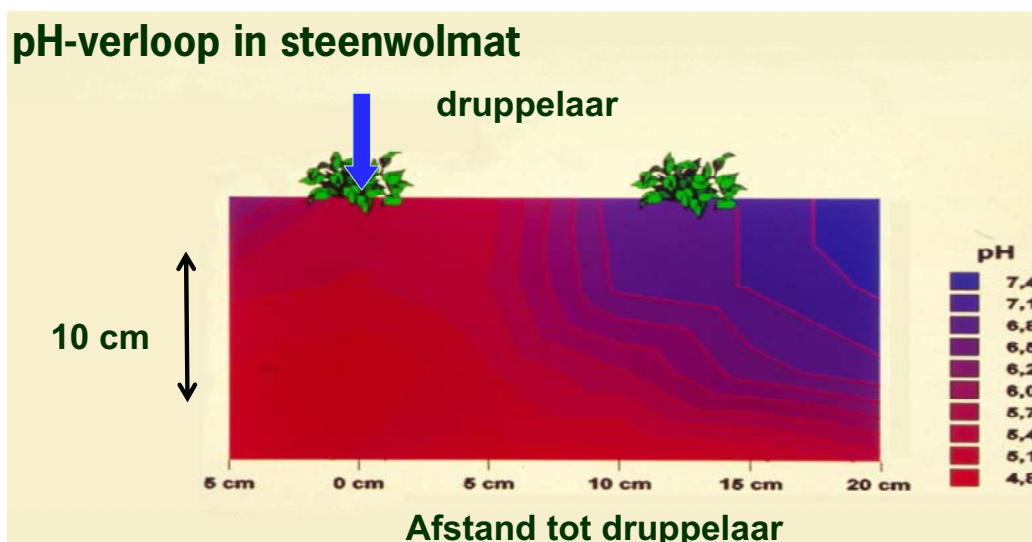
De volgende functie is die van opname van voedsel en water. De opname van voedingsstoffen gebeurt zowel overdag als 's nachts (Lieth en Burger 1989; Karlovich en Fonteno 1986). Sommige stoffen moeten actief opgenomen worden (vergt energie en zuurstof en produceert CO<sub>2</sub> en water - waar de CO<sub>2</sub> weer uitgescheiden moet worden), voor andere gaat de opname via ionen-uitwisseling. De opname van water gaat via stroming over het waterpotentiaal. Dit waterpotentiaal is een totaalsom van drie krachten: osmotisch potentiaal (verschil in concentraties zouten en neutrale stoffen zoals suikers over het celmembraan), hydrostatisch potentiaal (zuigkracht van het substraat tegenover zuigkracht in de vaatbundels van de plant - de laatste veroorzaakt door verdamping) en matrixpotentiaal (binding van water aan oppervlakten. Deze potentiaal is vooral sterk in de vaatbundels en in capillairen die kunnen ontstaan in het substraat).

Daarnaast kunnen wortels stoffen aan zich hechten - om ze later op te kunnen nemen. Hoe dit proces precies werkt is niet bekend. Het lijkt te gebeuren via een binding in de wortelcortex. Het gevolg is dat een plant meer stoffen uit vers voedingswater kan onttrekken, dan berekend zou worden op basis van de plantbehoefte. Het gaat hierbij vooral om de micronutriënten. In het systeem van de Natte Doek (paragraaf 2.7) betekent dit, dat de binnenste planten veel minder micronutriënten zullen ontvangen dan de buitenste - en daarmee 20% achter blijft in de groei (pers Comm Chris Blok). Ditzelfde effect kan ook (in mindere mate door de grotere watervolumes) optreden bij NFT en in substraatmatten - overal waar een plant het moet doen met het drainwater van een andere plant.

### *pH*

Dit effect van opname van voedingsstoffen heeft ook een effect op de pH. De pH in substraatsystemen moet relatief laag zijn (pH 4-6) voor goede opname van micronutriënten zoals Mn, Fe, Zn en Cu (De Kreij en Van der Hoeven 1996). In de huidige teeltpraktijk worden geen buffers gebruikt die rond deze pH 5,5 - 6 bufferen - voor de sierteelt zouden wel een aantal mogelijke buffers denkbaar zijn. Het gevolg is een weinig stabiel pH-evenwicht in het systeem. De pH wordt beïnvloed door i) absorptie van H<sup>+</sup>/OH<sup>-</sup> aan het substraat, ii) nitrificatie en de-nitrificatie en iii) opname of uitscheiding van een H<sup>+</sup>-ion bij de opname van NH<sub>4</sub> of NO<sub>3</sub>. Alleen het laatste mechanisme is direct gerelateerd aan plant-activiteit (Raviv & Lieth, 2008, p 303). In het kleine volume rond de wortel in substraatsystemen is vooral deze plant-activiteit zeer bepalend voor het pH verloop. Planten hebben de voorkeur om ammoniumstikstof op te nemen. Dit gebeurt onder uitscheiding van een zuurion - wat leidt tot initiële verzuring van het systeem. Als de ammoniumstikstof opgenomen is, zal de plant de nitraatstikstof gaan opnemen, onder uitscheiding van een base-ion. Deze volgtijdelijkheid kan gebeuren in de ruimte (vochttoediening op één punt voor meerdere planten - NFT, substraatmatten) of in de tijd (bij recirculatie: eb/vloed systemen, wortelbesproeiing). pH-regulering gebeurt dan niet met een buffer, maar met de balans van ammonium- en nitraatstikstof. Meer gebruik maken van ammoniumstikstof veroorzaakt verdere verzuring, etc. Ook de opname van andere stoffen kan plaatsvinden onder uitscheiding van een base- of zuurion, maar het effect van de stikstofopname is het meest bepalend voor de pH. (pers. com. Wim Voogt, Fokke Buwalda).

pH is daarmee een dynamisch evenwicht dat wordt bepaald door de snelheid van stikstofopname door de plant ten opzichte van de verversingssnelheid van het voedingsmedium (doorstroming). Om de pH in de hand te houden, zal daarom voor verschillende teeltsystemen bepaald/berekend moeten worden hoe de voedingsbalans en de stroomsnelheid er voor dat systeem uit zou moeten zien. In de praktijk zal gemikt moeten worden op een 'golfbeweging' van de pH tussen de 4,5 en 6.



Figuur 3.3. pH verloop in steenwolmat (Bron: Wim Voogt. Ook verschenen Heuvelink *et al.*, 2008).

### Verversing

Zuurstof is essentieel voor wortelvorming (Soffer en Burger 1988). En zuurstofgebrek kan leiden tot lagere blad- tak- en wortelgewichten en hoger % drogestof (Baas *et al.*, 1990). Dit wordt echter niet in alle proeven gevonden. In proeven van Schroeder (2004) leek de toename van CO<sub>2</sub> en de afname van O<sub>2</sub> in de plug gedurende de teelt bijvoorbeeld niet tot groeischade te leiden. De studies met gebreksverschijnselen kunnen vervolgens geen onderscheid maken tussen gebrek aan zuurstof, of gebrek aan voedingsstoffen. Verschillende studies vonden dat het (zuurstof en/of voedingsstoffen) gebrek zeer lokaal kan spelen (Buwalda *et al.*, 1994; Baas *et al.*, 1991; Soffer en Burger, 1988; Sakamoto *et al.*, 2001). Zelfs in Deep Flow-systemen met hoge zuurstofspanning (8 mg/L en 7 ppm) maar weinig stroming ontstond zuurstofgebrek in het grote pakket wortels. In praktijkproeven vonden Baas *et al.* (1991) dat regelmatige verversing van het water rond de wortels met zuurstofrijk water de beste resultaten gaf – zowel bij door continue stroming of door eb-vloed. Het is dus belangrijke om de aanvoersnelheid te weten van zuurstof naar de wortel omdat zuurstofgehalten over een korte afstand snel kunnen afnemen. Baas en Warmenhoven (1995) concludeerden op basis van stressbepalingen dat substraten met een zuurstofgehalte lager dan 35% (v/v) stress veroorzaakten - men vond echter geen groeistoornissen bij lagere zuurstofgehalten. Ook Maaswinkel en Zwinkels 1997 vonden dat luchtiger potten ziektegevoeligheid verlaagde. Deze 35% (v/v) zal daarom meer te maken hebben met de mogelijkheid om het water rond de wortels te verversen, dan met de aanwezigheid van zuurstof.

Meerdere studies met eb/vloed-systemen en wortelbesproeiing vonden een hoge frequentie van watergift tot betere producties leiden. Een watergift van 1 maal per uur, of 8-10 maal per dag, gaf in meerdere studies de meest optimale resultaten (Buwalda, 1994; Buwalda & Van den Berg, 1994; Warmenhoven, 1995; Goto *et al.*, 2001). Eventuele betere groei bij hogere eb/vloed frequenties (tot 96 maal per dag) staan niet in verhouding met de toenemende kosten voor het pompen (Buwalda en Kim, 1994). Bij frequentie van 8-10 maal/dag vonden Goto *et al.* (2001). zelfs dat een klein wortelvolume van 30 ml niet beperkend was voor groei van de spruit. Verminderen van de watergeeffrequentie resulteert bij dergelijke kleine wortelvolumes echter wel in verminderde spruitgroei. De watergift in deze onderzoeken (eb/vloed, wortelbesproeiing) gaf een directe verversing van de water(voedings)film om de wortel.

Proeven bij RO-flowers (Pekkeriet & Sonneveld 2007; Lugt *et al.*, 2008) bevestigen dat hoge frequentie ook voor substraatteelt (goten) belangrijk is. Bij deze proeven kan het positieve effect echter ook verklaard worden door de meer homogene vochtverdeling in het substraat bij hogere watergiftfrequentie (pers. com. Vd Lugt) - dit is echter niet onderzocht. In andere proeven met goten bleek het succes van continu NFT of gietbeurten echter vooral afhankelijk van het gekozen ras (Gislerød, 1988b).



Een succesvol teeltsysteem moet daarom voorzien in regelmatige, of continue aanvoer van zuurstof en voeding aan het microklimaat rond de wortels. De reden hiervoor zijn het voorkomen van lokale tekorten aan zuurstof, lokale verzuring of gebrek aan stoffen. Acht tot tien beurten per dag zou voldoende verse voeding bij de wortels brengen. Met een dergelijke watervoorziening is het wortelvolumen van minder belang. Dergelijke frequente watergift lijkt overigens niet haalbaar in systemen met fijn substraat.

In de praktijk zijn worden er meerdere benaderingen gekozen voor de irrigatiefrequentie: 1) op basis van directe waarneming (kijken en voelen), 2) gewichtsbepaling van het substraat, 3) tijdsingestelde gift, 4) op basis van een sensor of 5) op basis van een irrigatiemodel (Raviv en Lieth, 2008 p. 143). In geen van deze benaderingen wordt bewust gestuurd op de verversing - het gaat steeds om de balans tussen toevoer en afvoer en het behouden van voldoende vochtvoorraad voor de wortels.

### *Conclusies*

1. De wortelmorfologie wordt bepaald door de watergeefstrategie: de frequentie van watergift, type watergift (NFT, sproeien, druppelen, etc.) volume % water in het substraat en substraattype.
2. Verandering van watergeefstrategie kan ertoe leiden dat de plant een ander wortelstelsel moet aanleggen.
3. Ook 's nachts is er voeding nodig. Het is onbekend of de plant 's nachts andere voedingselementen opneemt als overdag.
4. Planten beïnvloeden de directe wortelomgeving door stoffen op te nemen en andere stoffen uit te scheiden. Dit kan gemeten worden in termen van EC en pH, en bepaald worden met meer nauwkeurige analyses.
5. Hoe regelmatiger de verversing van de wortels mogelijk is, hoe beter.
6. Opname van stoffen is actief gereguleerd door de plant. Daarnaast kunnen wortels meer stoffen aan zich binden dan ze op dat moment kunnen opnemen (of nodig hebben).

### *Vertaling naar teeltsystemen*

- Ad 1. Met de watergeefstrategie kan bepaald worden hoe de wortels eruit gaan zien. Het logistieke systeem zal geschikt moeten zijn om met het wortelpakket te kunnen werken (of andersom: de watergeefstrategie moet een wortelpakket opleveren wat hanteerbaar is in het beoogde logistieke concept).
- Ad 2. Voorkom overgang in watergeefstrategie (in de tijd).
- Ad 3. Ook 's nachts moet verse voeding gegeven worden.
- Ad 4. De voedingsgift moet zo berekend worden dat alle planten een zo gelijkmatige voedingsvoorziening krijgen (EC, pH).
- Ad 5. Kies watergeefstrategie en substraat dusdanig dat een hoge frequentie van verversing van het voedingswater in het wortelmilieu mogelijk is.
- Ad 6. Het watergeefstelsel moet voorkomen dat planten die 'in serie staan' een ongelijke voedingsbalans toegediend krijgen.

### *Vragen die nog resteren*

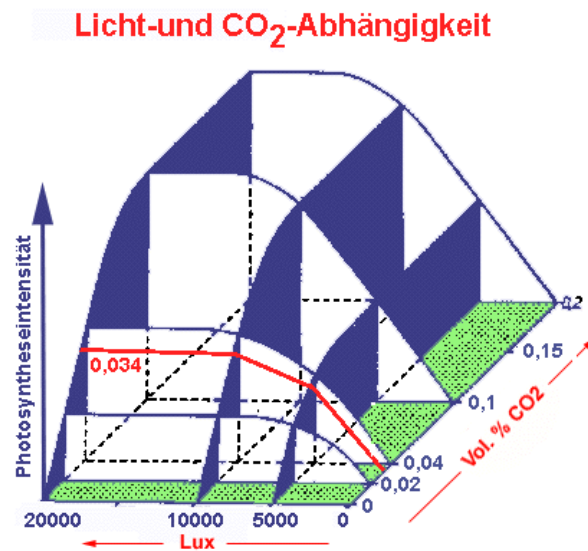
- Hoeveel wortelpuntjes zijn voldoende?
- Waar in de wortel vindt welke opname plaats?
- Welk wortelsysteem levert de beste/snelste/sterkste bloemen - en hoe kunnen we zo'n systeem bereiken? Is het ongunstig om twee typen wortels aan een plant te hebben? (bv. bij MobyFlowers zijn de wortels in het substraat fijn vertakt, maar in de NFT goot zijn het lange slierten).
- Wat zijn de randvoorwaarden voor verschillende worteltypen?
- Impact van schommeling in T, EC, RV, O<sub>2</sub> op de wortels?
- Wat is de aanvoersnelheid van zuurstof naar de wortels in waterrijke systemen - en welke aanvoersnelheid is optimaal (tegenover het zuurstofgehalte in het water)?
- Model van verdamping, groei en opname om pH-effecten op uur-basis te kunnen berekenen - en op te kunnen sturen.

## 3.2 Behoeften van de plant

Het volledige beeld van de behoeften van de plant is er niet. Veel basisprincipes zijn echter wel bekend. Dit hoofdstuk gaat in op de belangrijkste processen in de plant: fotosynthese, verwerking en verdamping. Vervolgens komen deze samen in een beschouwing van de behoeften per plantfase.

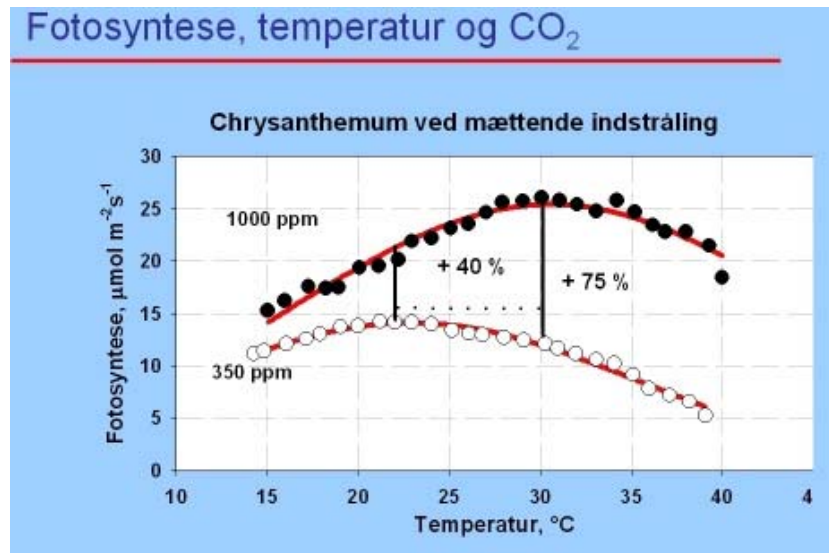
### Fotosynthese

Fotosynthese heeft een biofysisch aspect en een biochemisch aspect. Beide aspecten worden door verschillende factoren gestuurd. Het biofysische proces - het aanslaan van elektronen - wordt gereguleerd door licht. Het biochemische proces - het opslaan van de energie in suikers - is een enzymatisch proces, en afhankelijk van  $\text{CO}_2$  en temperatuur. Een andere factor die een rol kan spelen is eventuele remming vanuit de plant wanneer er teveel suikers ophopen in het blad (als de afvoer van assimilaten blokkeert). Het biofysische en biochemische proces zijn aan elkaar gekoppeld. Zoals de figuur hiernaast laat zien, neemt de fotosynthese toe bij een toename van  $\text{CO}_2$  en lichtintensiteit.



Figuur 3.4. Relatie tussen fotosynthese,  $\text{CO}_2$  en lichtniveau. Bron: <http://www.egbeck.de/skripten/12/bs12.htm>.

Figuur 3.5 geeft nogmaals de relatie tussen het biochemische en het biofysische proces aan door de relatie tussen fotosynthese en temperatuur. Er is hier gewerkt met hoge (verzadigende) instraling.



Figuur 3.5. Relatie tussen fotosynthese, temperatuur en CO<sub>2</sub> (Aaslyng, et al., 1999).

#### Verwerking

De aanmaak van de fotosynthese moet in balans zijn met de verwerking. Assimilaten moeten een plaats vinden in de plant, anders kunnen deze stoffen het systeem gaan verstoren. Deze verwerking kan gebeuren in tijdelijke opslag (in het blad of in de wortel), groei (gewichtstoename en strekking) of ontwikkeling (afsplitsen van organen en doorlopen van groeistadia). Hieronder gaan we in op het effect van de temperatuur op deze verwerking. De verwerking is vooral afhankelijk van temperatuur en de mineralenvoorziening. De verwerkingsprocessen zijn veelal enzymatisch, waardoor temperatuur essentieel is. De mineralen zijn nodig om de assimilaten in te kunnen bouwen in de plantstructuur of te gebruiken voor het vormen van complexere stoffen.

Bij een dag met veel licht (en een hoge temperatuur) moeten er veel assimilaten naar de juiste plaats gebracht kunnen worden voor verwerking aldaar (sink-source). Transport van assimilaten gebeurt (actief) onder invloed van enzymen, temperatuur en volgens de sink-source verhoudingen in de plant. Dit transport kan dus gestuurd worden met temperatuur. "Een zonnige dag verdient ook een warme nacht - en dus een hoge dagtemperatuursom." Dit transport zal eerst vooral naar de wortels plaatsvinden. Na de knopvorming wordt de knop en de bloem de belangrijkste 'Sink' voor de assimilaten.

'Mensen ontwikkelen in de tijd, planten ontwikkelen met de temperatuur' (pers. comm. Fokke Buwalda). Graaddagen, dagtemperatuur en temperatuursommen zijn dus van belang. Temperatuur bepaalt de snelheid waarmee (enzymatische) processen kunnen verlopen, zoals groeiprocessen (celdeling en -strekking) en transport.

Temperatuur is echter ook een stressfactor. Te hoog, te laag of te scherpe fluctuaties kunnen groeiremming en schade veroorzaken. Gekeken naar wortelontwikkeling liggen de optima, afhankelijk van de origine van planten (CAM, C<sub>4</sub>, C<sub>3</sub>-type), hoger (35°C voor cassave, 30°C voor katoen), of lager (25°C voor bermudagrass, 15-20°C voor aardappel en 25°C voor tarwe). Vervolgens is stress gevonden bij een temperatuurschommelingen van 10-20°C (nacht-dag) vergeleken met een gelijkmatige temperatuur van 20°C. Deze stress leidde tot productieverlies in de winter (Druge, 1998). Het optimum voor chrysantenwortels ligt waarschijnlijk iets boven de 20°C - maar dat is nooit echt onderzocht. Zoals gezegd kunnen hoge en lage temperaturen groeiremming veroorzaken. Lage temperaturen (10°C bij de wortel) leiden tot een hoge spruit/wortel-verhouding en tot kortere, dikkere wortels door een afname in celwandstrekking. Lage worteltemperaturen remmen ook de strekking van stengel en blad, en verhogen de concentratie van abscisinezuur in het xyleem (een planthormoon wat onder andere huidmondjes sluit). Verhoging van de temperatuur zal de korte dikke wortels niet weer laten strekken - nieuw gevormde wortels zullen er wel weer

gewoon uitzien. Een te hoge temperatuur rond de wortels kan zich uiten in snelle veroudering van de epidermale cellen (gevonden bij sorghum) of remming van de celdeling (aardappel) (Marchner, 1995).

De stress van hoge temperaturen blijkt echter niet altijd op te treden. Recente studies in tomaten, waarbij men werkt met hoge temperaturen, laten hogere producties zien. De hoge instraling moet echter gepaard gaan met een hoge RV en CO<sub>2</sub>. Door de vocht in de lucht kan de warmte van de instraling deels worden omgezet in verdampingsenergie, en daarmee de kas kan verlaten of weggevangen worden.

### *Ontwikkeling*

De behoefte van de plant verschillen per plantfasen en zelfs door de dag heen. Hier gaan we in op de verschillende behoeften per fase in de chrysantenteelt.

**Beworteling:** Allereerst moet gesteld worden dat de teelt sub-optimaal begint: een groeipunt wordt afgesneden, en moet overleven en wortels gaan vormen. Alvorens de groeipunt in contact komt met vocht en substraat, vindt er eerste een fase van transport plaats. Om deze groeipunt vervolgens te accommoderen bij het overleven wordt de verdamping sterk geremd door een hoge RV en lage lichtintensiteit. Tevens wordt de wortelgroei gestimuleerd met stekhormoon. Naast een goede EC, pH en temperatuur (>20°C) moet de plant heel eenvoudig water moeten kunnen opnemen. In deze fase kan de plant al wel aangezet worden tot assimilatie. Onder hoge RV kan de plant al wel actief zijn zonder veel te verdampen. Dit geeft de plant een snellere start in de teelt. Op een gegeven moment heeft de plant echter voedingszouten nodig om de assimilaten te kunnen verwerken. Zoals gezegd, wordt de assimilatie op een gegeven moment geremd door de ophoping van suikers. Hoe snel dit gebeurt, en in hoeverre remming nadelig is in deze fase, is onbekend.

**Lange Dag:** In de fase van groei (Lange Dag) vindt de aanleg van bladeren en wortels plaats. De plant krijgt veel licht, en zal dus ook veel voedingszouten toegediend moeten krijgen. Deze fase heeft veel licht en voedingszouten nodig. De Lange Dag wordt beëindigd wanneer de planten ongeveer 20 cm zijn.

**Korte Dag:** De plotselinge Korte Dag veroorzaakt een verandering in de hormoonhuishouding, waardoor de plant generatief wordt, en een bloemknop aan gaat maken. De plant stopt dan met de aanmaak van nieuwe bladeren, maar zal zowel de bladeren als de stengel strekken. Er wordt in deze fase veel nieuw plantweefsel aangemaakt. Lage worteltemperaturen kunnen in deze fase de strekking en de verwerking van assimilaten remmen. Met temperatuur is de strekking enigszins te sturen. Onderzoeken met hogere nachttemperaturen in verhouding tot de dagtemperatuur - een negatieve DIF - gaven een verminderde stengelstrekking (Kaufmann, 2000). Er werd hier 6 of 8°C warmere nacht aangehouden dan de dag (16 uur dag/8 uur nacht: 20/26°C en 19/27°C) (Kaufmann, 2000).

Kijkend naar de strekking tussen internodiën - die in de beginfasen kleiner zijn dan later in de teelt - dan lijken er vooral in deze beginfase kansen te liggen voor verdere teeltversnelling (eerder behalen van gewenste lengte).

### *Verdamping*

Verdamping is een passief proces: water verdampt uit de bladeren en wordt via de waterkolom in de vaatbundels aangezogen uit de wortels (het hydrostatische potentiaal). Verdampen wordt gezien als de manier van het blad om zichzelf af te koelen. Verdamping is vooral nodig om een sapstroom op gang te brengen, die voedingsstoffen naar het blad en naar andere delen van de plant kan brengen. De plant stuurt zijn eigen verdamping via de werking van de huidmondjes. Hoe deze huidmondjes geprikkeld worden tot openen of sluiten is niet precies bekend. Een hoge RV, of meer correct een laag vochtdeficiet - de hoeveelheid vocht die de lucht nog zou kunnen bevatten in g/m<sup>3</sup> of g/kg, is een instrument om de verdamping van de plant te reguleren.

### *Conclusies*

1. Vitale processen in de plant zijn temperatuursafhankelijk: bij veel licht mag de temperatuur oplopen, mits goede RV en CO<sub>2</sub>.
2. Na een zonnige dag verdient de plant een warme nacht.

3. Beworteling en assimilatie gaan samen als de stek onder hoge RV gehouden wordt - de verwerking heeft echter voedingsstoffen nodig, zodat er ook verdamping moet plaatsvinden. De optimale instellingen zijn hier nog niet bekend.
4. Door het instellen van de Korte Dag wordt de plant generatief, waardoor concurrentie tussen wortel en bloem ontstaat over assimilaten en de verwerking van de assimilaten.
5. Verschillende manieren om celstrekking te reduceren: koelen van de wortels of negatieve DIF.

#### *Vertaling naar teeltsystemen*

- Ad 1. Sturing temperatuur en luchtvochtigheid aanpassen naar deze inzichten.
- Ad 2. Dit sluit aan bij de opmerking dat planten ook 's nachts voedingsstoffen opnemen: mineralen zijn nodig voor het verwerken van assimilaten. Een hogere EC in de latere middag/avond zou daarom een positief effect kunnen hebben.
- Ad 3. Ook licht toelaten tijdens beworteling
- Ad 4. Optimaliseren van wortelmilieu in bewortelingsfase, KD en LD. De voedingsvraag zal per fase verschillend zijn.
- Ad 5. Benut klimaatmogelijkheden voor het realiseren van compactere, stevigere planten.

#### *Vragen die nog resteren*

- Wat zijn de hoofdoorzaken van verwelking gedurende de teelt? (weerstand in vaatbundels, aanzuiging, schommeling in Temperatuur, EC en RV, etc.).
- Optimaliseren van de combinatie beworteling, assimilatie en start van de groei.
- Wat is optimale verdamping (sturing huidmondjes - en daarmee verdamping?). Optima zijn dynamisch tov elkaar en door de dag heen, en afhankelijk van de plantfase.
- Voedingsbehoeften zijn afhankelijk van teeltfase. Hieronder staat een gedachtenlijn over EC-instellingen gedurende de teelt.

Plantfase	Redenatie/argument	EC
Beworteling	Gemakkelijk vocht kunnen opnemen	1,5
Lange dag (vegetatief)	Veel groei en strekking	2-2,5 Avondbeurt met EC 2,5-3
Korte dag (generatief)	Concurrentie wortel en bloem: veel voeding nodig	3 (bij hoge verdamping: 2 – 2,5)

### **3.3 *Pythium***

Het grootste ziekteknelpunt in de chrysantenteelt los van de grond is *Pythium*, maar de oorzaak van de aantasting is lang niet altijd duidelijk. Blok *et al.* (2008) concluderen dat deze schimmel een systeemeigenschap is – de schimmel is veelal aanwezig in de substraatteelt. De praktijk heeft geleerd dat volledige ontsmetting en vrijhouden van het systeem van *Pythium* erg lastig is en de schimmel makkelijk ergens in het systeem achterblijft.

De precieze oorzaak en gevolg relatie bij een pythiumaantasting is niet bekend: waren de wortels verzwakt en werden ze vervolgens aangetast, of heeft de *Pythium* gezonde wortels aangetast en stierven de wortels daardoor? Sporen kunnen niet-verzwakte wortels aantasten, maar bij verzwakte wortels of hoge infectiedruk gaat de infectie sneller en makkelijker. Onder proefomstandigheden met hoge sporeconcentraties blijkt het lang niet altijd vanzelfsprekend dat de planten worden aangetast. Ook planten met zware infectie konden over de ziekte heen groeien. Dit suggereert dat de omstandigheden belangrijker zijn dan de dichtheid van ziektekiemen (pers. com. Pim Paternotte). Daartegenover namen Van der Lugt *et al.* (2008) waar dat uitval van planten zich verspreidde van een

zieke plant richting het einde van de goot. Dit suggereert dat een continue aanvoer van sporen - met de waterstroom mee - wel ziekteverwekkend kan zijn, of de kans verhoogt dat de sporen een invalsroute vinden. Het kan ook zijn dat naar het einde van de goot de groeiomstandigheden voor de plant steeds ongunstiger zijn ( hoge temp, lage zuurstofgehalten) waardoor de wortels van de planten kwetsbaarder zijn. In diverse onderzoeken worden zuurstofgebrek, uitval van planten en ziektesymptomen met elkaar in verband gebracht (Anoniem, 1997). Observaties bij Mobyflowers (paragraaf 2.3) leggen echter geen relatie tussen tijdelijk ('niet-structureel') zuurstofgebrek en slechte beworteling of uitval bij planten (van der Lugt *et al.*, 2008). Bij Mobyflowers schommelde de zuurstofconcentratie op bepaalde plekken dagelijks van nagenoeg zuurstofloos tot 'bijna atmosferische waarden'. In al deze observaties is relatief weinig gekeken naar de temperatuur op het moment van infectie. Temperatuur werkt in op de plant (stressfactor), en op de *Pythium* (de bewuste pythiumsoort is warmteminnend). Uitgaande van de biologie van *Pythium* kunnen de observaties beter begrepen worden:

*Van biologie van de schimmel naar de ziekte in teeltsystemen (pers. comm Pim Paternotte)*

Substraatsystemen hebben vooral in de zomer last van *Pythium*. Het gaat hier waarschijnlijk om een of enkele soorten *Pythium* die zich vooral bij hoge temperaturen ontwikkeld: *Pythium aphanidermatum*. Symptoomontwikkeling ontstaat boven de 20°C. Pythiumschade neemt sterk toe bij  $T > 30^{\circ}\text{C}$ . Dit komt door de grotere stress waar de wortels zich in bevinden, in combinatie met de hogere activiteit van *Pythium*. Bij hogere temperatuur is er altijd minder zuurstof in het water (van 20 naar 30°C verlaagt het zuurstofgehalte met 50%), terwijl de wortels actiever zijn, en daardoor meer zuurstof nodig hebben. Vervolgens scheiden wortels bij hogere temperaturen meer exudaten uit door de grotere wortelgroei en door andere wortelactiviteit - waardoor weer meer pythiumsporen aangetrokken worden. Daarbij ligt het optimum voor ontwikkeling van *Pythium* ligt tussen de 35 en 40°C.

Bij lagere temperaturen vormt *Pythium* rustsporen waarmee de schimmel een moeilijke periode buiten de plant overleven – bijvoorbeeld in organisch materiaal. Bij hogere temperaturen  $T > 25^{\circ}\text{C}$  vormt *Pythium* zwemsporen (zoosporen) die planten kunnen infecteren. (voor meer koudeminnende soorten kan een temperatuurschok van 20 naar 10°C een golf aan sporen veroorzaken). Deze sporen worden aangetrokken door eenvoudige suikers en exudaten uit wortels. Deze stoffen komen vooral vrij bij afstervend wortelweefsel, zwakkere wortels (lekkende cellen), wondjes, bij de vorming van zijwortels en bij wortelpunten. Bij hogere temperaturen worden er meer exudaten uitgescheiden door de wortels. Ook lage calciumconcentraties in de wortel zorgen voor grotere uitscheiding van exudaten.

*Pythium* leidt pas tot infectie als de schimmel de plant binnendringt. *Pythium* kan wortels met een lager calciumgehalte gemakkelijker binnendringen. De relatie met EC is nog moeilijk te maken. Een lage EC stimuleert wortelgroei, terwijl een te lage EC zwakke wortels zou kunnen veroorzaken.

De sporen van *Pythium* hebben enkele uren nodig om d.m.v. een kiembuis het wortelweefsel binnen te dringen. Voor die tijd zou de sporen nog weggespoeld kunnen worden van de gastheer. Dit is een mogelijke verklaring voor de lage infectie bij wortelbesproeiing, eb/vloed en (substraatloze/-arme) NFT-systemen.

Enkele andere feiten rond *Pythium*.

- In enkele proeven werd er bij gebruik van veenmosveen geen gevonden. In dit bufferende medium zou een antagonistische, ziekteverwekkende microflora ontstaan kunnen zijn. Dit effect is niet nader onderzocht (Paternotte, 1991).
- Planten geteeld op dunne laag zwaar besmet teeltsubstraat werden niet aangetast als de planten waren gestoken in een luchtig opkweekmedium (pers. comm Paternotte). Planten opgekweekt in perspotten werden zwaar aangetast.
- Plotselinge lage sucrose-aanvoer naar de wortels verlaagt de wortel/scheut verhouding door wortelsterfte (bij de overgang van LD naar KD verlaagt de sucrose-aanvoer met meer dan 20%). Bij wortelsterfte komen stoffen vrij die *Pythium* aantrekken.



Figuur 3.6. Groeiachterstand als gevolg van pythiumaantasting (bron: Pim Paternotte).

Andere pythiumsoorten geven meer problemen in de wortel/plantgroei bij lagere temperatuur (<20°C). Ook hier geldt dat er een stresssituatie rond de wortels is, terwijl de betreffende pythiumsoort gestimuleerd wordt. Van deze pythiumsoorten is bekend dat een koude-schok (van 20°C - 12°C) veel zwemsporen vrijkomen.

#### *Algemeen aanbevelingen voor teeltsystemen*

- Voorkomen van verzwakken van planten:
  - Gebruik watersystemen die regelmatige verversing van het water rond de wortels mogelijk maken – om zo sterke wortels te krijgen, en de aanhechting van *Pythium* te voorkomen (erversing binnen de tijd die nodig is om mogelijk infectie van wortels te voorkomen).
  - Wees zeer alert bij hogere temperaturen (>25°C = stressfactor voor wortels, en activering van *Pythium*) en lagere temperaturen die optimaal zijn voor wortelgroei.
  - Wees zeer alert bij de overgang van LD naar KD. In deze fasen zullen wortels afsterven, en wordt de kans op pythiuminfectie verhoogd.
  - Zorg voor voldoende sterke wortels door voldoende EC te geven (>1,5) en Calcium.
  - Zorg voor een opweekmedium dat optimaal is voor weggroei van planten.
  - Voorkom sterke temperatuurschokken (5°C verschil) bv. als gevolg van watergift.
- Verlagen van ziektedruk door hygiënemaatregelen - schoonmaken tussen teelten (goten, leidingen, basins), ontsmetting recirculatiewater - chemisch, fysisch (UV) of mechanisch (filters) -maatregel zeker in de zomer niet curatief.

## 3.4 Substraten

De bepalende eigenschappen voor substraten zijn: het vochtgehalte, organische stofgehalte, dichtheid van de vaste fase en de bulkdichtheid, water- en luchtverdeling, korrelgrootteverdeling, waterdoorlatendheid, warmte – en mechanische eigenschappen (indringingsweerstand) (Blok *et al.*, 2008; Kipp & Wever, 1993). Substraten bieden een buffer voor de wortels tegen verdroging, pH-fluctuaties en voedseltekort. Tenslotte biedt beworteling in substraat stevigheid aan de plant, uiteraard afhankelijk van het type substraat. In de verschillende studies kwamen de volgende eisen aan substraten naar boven (Anoniem, 1997):

- Voorkomen inklinking (degradatie of door teeltactiviteit)
- Stoombaar
- Lucht/water verhouding (35%) (Warmenhoven, 1995)
- Homogene waterverdeling (combinatie van type substraat en watergeefstelsel)
- Zuigkracht van het substraat in verhouding tot (plotseling) grote watervraag bij hoge instraling
- Afval

Vergelijkbare eisen worden ook aan pluggen gesteld, waarbij de plug vooral goede beworteling moet geven en structuur moet bieden voor later in de teelt (Blok *et al.*, 2008).

Substraat speelt een belangrijke rol in de betrouwbaarheid van het systeem. In principe kan de chrysant met heel weinig wortelvolumen (met of zonder substraat) toe - mits deze wortels voldoende voeding kunnen opnemen en lucht (CO<sub>2</sub>, O<sub>2</sub>) kunnen uitwisselen. Het substraatvolumen biedt vooral een buffer tegen de fluctuaties die het systeem toelaat door pH, EC en temperatuurveranderingen geleidelijker tot de wortels te laten doordringen. Hoe minder de omgeving beheerst kan worden, hoe groter het substraatvolumen moet zijn (pers. com. Paul Bol). In meerdere proeven bleek veen (veenmosveen) een goed substraat voor systemen waar met kleinere volumes gewerkt wordt, maar toch (te) grote fluctuaties voorkomen (Anoniem, 1997; Blok, 2008, Manjul *et al.*, 2002).

Daartegenover kan het substraat voor nieuwe problemen geven wanneer het niet goed aansluit bij de watergeefstrategie. De combinatie van watergeefstrategie moet leiden tot homogene watergift voor de planten, een goede water/lucht verhouding (desnoods verdeeld in de tijd: verzadigd met water, en dan een tijd droog), en hoge verversing van de voeding rond de wortels.

- Voor waterige systemen, zoals NFT, Eb/Vloed, wortelbesproeiing zal het substraat erg grof moeten zijn (kleikorrels, grof perliet, substraatloos). De beluchting van de wortels wordt gevonden in discontinu geen water geven. De wortels komen dan direct in contact met lucht. De buffering in het systeem rust vooral op de watergift. Temperatuurschommelingen kunnen in dit geval niet door het substraat opgevangen worden, zodat de klimaatcontrole in de kas goed moet zijn (beter dan bij substraatsystemen).
- In substraatsystemen helpt het substraat bij de homogene watergift. Voor de balans tussen het verversen van de voeding en het verkrijgen van voldoende lucht rond de wortels, vonden Baas en Warmenhoven (1995) een optimum bij 35% lucht/water. Deze 35% wordt bepaald door de watervasthoudenheid (de poriënverdeling) van het substraat. Bij dergelijke lucht/water verhouding kan een nieuwe watergiftbeurt ook de lucht ruimtes in het substraat verplaatsen, waardoor de wortels verse lucht toegediend krijgen.
- Bij substraatteelten kunnen er knelpunten optreden met de volgteelt. De fysische eigenschappen van het substraat moet hersteld kunnen worden. Dit levert knelpunten voor steenwol door kapottrekken en achterblijvende wortels (Blok *et al.*, 2008; Gislerød 1982; Blok, 1992; Gislerød<sup>a</sup>, 1998) en veen en kokos door degradatie (Verhagen, 1993) en bij alle substraten het knelpunt van wortelophoping (Anoniem, 1997). Daarnaast waren er oogstproblemen met veen en veen/perliet mengsels (Anoniem, 1997; Morgan en Moustafa, 1989).

Systemen als Mobyflowwers (waterig systeem met fijn substraat) mikken op een tussenvorm, waarvoor nog geen succesvolle watergeefstrategie is gevonden. Er kan gekozen worden voor het werken met de wortels in het substraat, of juist met de wortels in de NFT-goot. Met een watergift aan het begin van de goot lijkt dit laatste de meest voor de hand liggende zodra de wortels zich in de goot bevinden. Door het relatief grote substraatvolumen wordt echter ingezet op een substraatteelt-benadering.

De beworteling gebeurt vaak in fijn substraat (pluggen) of met perspotten. De wortels moeten uit de pluggen en potten groeien en zich indringen in het teeltmedium. Deze overgang blijkt vaak moeizaam te verlopen, wat zich uit in het slap hangen van de plant. De overgang wordt bemoeilijkt naar mate het teeltsubstraat sterker verschilt in structuur (watervasthoudendheid) en het watergeefstelsel sterker verschilt (Anoniem, 1997; Blok *et al.*, 2008). De bewortelingsfase zou beter aan kunnen sluiten bij de teeltfase door een gelijke watergeefstrategie aan te houden: droger voor een droge teelt, en natter bij een waterig systeem of een 'natte' teelt.



Bij enkele initiatieven voor systeeminnovatie werd geëxperimenteerd met het gebruik van twee soorten substraat in één systeem (of substraat en substraatloos, zoals in het V- en U-goten systeem). Deze aanpak is meestal niet succesvol. Het verschil in de zuigspanning tussen substraten maakt dat het water meer zal ophopen in het substraat met de hoogste zuigspanning. Het 'sponseffect' of 'substraateindjeseffect' wordt daarom niet verholpen door het werken met meerdere substraten. De afwatering van het systeem zal moeten voorzien in een goede afwatering - variëren met substraten biedt hier geen uitkomst.



## 4 Ontwikkelingsrichtingen teeltsystemen

Dit hoofdstuk richt zich op verdere systeemontwikkeling voor teeltsystemen los van de grond. Er wordt een algemeen beeld gegeven van hoe systeemontwikkeling opgepakt kan worden, vervolgens enkele suggesties die uit de literatuur te halen zijn - maar nog niet praktijk rijp zijn, en suggesties voor verbetering van het Mobyflowwers systeem.

### 4.1 Systeemontwikkeling

Grootschalige initiatieven die gericht waren op systeemontwikkeling gingen uit van enkele centrale doelstellingen. Zo werd er bij de Denarkas en Proefstation Naaldwijk gericht op emissievrij telen en teeltverbetering, mobyflowwers (voorwerk bij Proeftuin Zwaagdijk, RO-Flowers: Pekkeriet, 2007) richtte zich ook op emissievrij telen, en daarnaast op optimaal gebruik van ruimte en interne logistiek. Het initiatief van Fleurago is gericht op emissievrij telen onder optimale plantcondities (pers Comm Peter van Weel). Internationaal is er veel gewerkt aan het ontwikkelen van NFT-systemen. Helaas heeft geen van de systemen al geleid tot een succes in de markt. De systemen die nu nog in ontwikkeling zijn, worstelen met het optimaliseren van de teeltcondities op het bedrijf (MobyFlowers, schaalvergroting en dus minder zorg per plant) of met de te hoge investeringskosten voor het systeem - tegenover de te lage verwachte meeropbrengst, teeltversnelling of toegevoegde waarde (Fleurago). Daarnaast is weer hernieuwde interesse in (relatief goedkope) substraatbedden (Voogt en Vermeulen, project systeeminnovatieprogramma 2009).

Een systeem wordt ontwikkeld op een aantal basisdoelen die de ontwikkelaars willen bereiken, zoals emissie voorkomen, logistiek voordeel, gebruik maken van bestaande teeltapparatuur, problemen met ziekten in de grond, kwaliteitsverbetering, rendement en productieverbetering. Na een proeffase met meerdere systemen, worden er één of enkele systemen gebouwd op een proeflocatie. Daarbij moet niet vergeten worden dat er veel geleerd wordt uit eerdere ervaringen. Het onderzoek aan de systemen richt zich op het optimaliseren van het systeem: de watergeeffrequenties, substraattypen, voedingsbalans en (minimale) technische aanpassingen. De systeemontwikkeling springt hierbij van een Idee direct naar een uitvoeringsvorm en R&D op optimalisatie van deze uitvoeringsvorm.

Deze rechtlijnige aanpak blijkt niet voldoende om voor de chrysantenteelt tot goed resultaat te komen. Om tot een doorbraak te komen zullen we bewuster omgaan met het proces van Systeemontwikkeling. Hieronder staat dit proces in kernwoorden weergegeven (Van Henten *et al.*, 2006; pers. com. Van Henten)

- I. **Opstellen van ontwerpisen** - het benoemen van alle eisen waar het systeem aan moet voldoen. Hierboven staan enkele herkenbare eisen (drijfveren) genoemd: emissievrij, logistiek, plant-gericht, etc.. Naast dergelijke vernieuwende eisen moeten hier ook de 'vanzelfsprekende' eisen van het systeem genoemd worden - het zal blijken dat deze eisen door de initiatiefnemers verschillend beleefd worden. Denk hierbij aan de gewenste kwaliteit en kwantiteit, rentabiliteit, investeringshoogte, wens om homogene groei te bereiken, etcetera. Ten slotte moet er per eis een kwantitatief label benoemd worden (euro's, kilogrammen, # stelen/m<sup>2</sup>, etc.). Bij deze stap moeten veel stakeholders betrokken worden. De veelheid van betrokkenen maakt de kans kleiner dat er achteraf negatieve neveneffecten ontstaan die het eindproduct onbruikbaar/suboptimaal maken.
- II. **Benoemen van centrale functies** - benoemen van de centrale functies waar het systeem in moet voorzien. Denk hierbij aan de behoeften voor de plant (de reden voor deze literatuurstudie was de bewustwording dat deze behoeften vaak onvoldoende bekend zijn, behoeften voor gewasbehandelingen, behoeften voor logistiek, milieu, etcetera. De ontwerpisen uit stap I worden hier vertaald naar functies en aangevuld met inhoudelijke behoeften. De centrale functies moeten allereerst voorzien in de functies die wegvallen als er 'los van de grond' geteeld wordt: dit zijn het bieden van structuur (houvast/verankering) en het bieden van een matrix om water en voedingsstoffen toe te dienen.

III. **Brainstorm over uitvoeringsvormen** (morphological chart): in deze stap worden per centrale functie (stap II) meerdere uitvoeringsvormen benoemd. Hieronder is een voorbeeld van zo'n overzicht gegeven voor de ontwikkeltraject van een kasconcept waarbij zo min mogelijk fossiele energie wordt gebruikt. De key-functions staan in de linker kolom.

Energy sources						
	Fossil energy	Fossil electricity	Biomass	Bio-oil	Bio gas	Sustainable electricity
Heating						
	Boiler	Co-generator	Geothermal energy	Compression heat pump	Absorption heat pump	Excess energy from third parties
Cooling						
	Ventilation	Evaporative cooling of cover	Pad and fan cooling	Heat exchanger with outside air	Heat exchanger with soil	Heat exchanger/heat pump
De-humidification						
	Ventilation	Ventilation and condensation	Active cooling + outside air	Active cooling + heat pump	Active cooling + heat pump	Hygroscopic material
CO2-supply						
	Ventilation	Exhaust gasses of boiler	Exhaust gasses of boiler and storage	Industrial CO2	Combination of boiler and industrial CO2	
Sol. rad. transm./red. energy losses						
	Single pane	Nortiplus glas	Ducted plate	Zigzag pane	EVA foil	ETFE foil
Energy storage						
	Short term storage	Long term storage in aquifer	Phase change materials			
Control of solar rad. input						
	Screen inside greenhouse	Screen outside greenhouses	Chalk			

Figuur 4.1. A morphological diagram; concept 1 (dashed line) and concept 2 (solid line) of a minimum fossil energy greenhouse. Van Henten et al., 2006.

De kwaliteit van het consortium en de houding van de partners is in deze fase zeer bepalend voor het resultaat. De deelnemers moeten in staat zijn om voorkeuren (bedrijfsbelangen) en vooroordelen los te laten. Daarbij moeten deelnemers buiten hun eigen kaders kunnen denken ('Een timmerman denkt in hout.').

- IV. Oplossingen genereren: In het overzicht van stap III worden nu oplossingsrichtingen gekoppeld (zie de twee lijnen in de tabel 5.1). Sommige oplossingsrichtingen sluiten elkaar uit. Er moet gestreefd worden naar 3-4 oplossingen: concepten.
- V. Concepten evalueren aan de kwantitatieve ontwerpeisen en de key functions (stap I en II). Het kan zijn dat er hier weging gebracht wordt in de eisen en functions. Het kan gebeuren dat uitvoeringsvormen uitgewisseld worden, of dat bepaalde onderdelen als centraal knelpunt naar boven komen.
- VI. R&D op deze centrale knelpunten in het concept (bv. uitvoeringsvormen die nog in de kinderschoenen staan).
- VII. Bouwen van een concept op kleine schaal. In deze fase moeten er vaak nog concessies gedaan worden omwille van de situatie (subsidie-eisen, fysieke locatie, nieuwe partners in het bouwproces, etc.). Dat kan, mits de aanpassingen binnen de ontwerpeisen en de key function blijven
- VIII. Iteratief de voorgaande VII stappen blijven doorlopen, om zo nieuwe technologie te kunnen opnemen en in te kunnen spelen op veranderende behoeften en wensen voor het teeltsysteem, en nieuwe inzichten van plantfysiologie, etcetera.

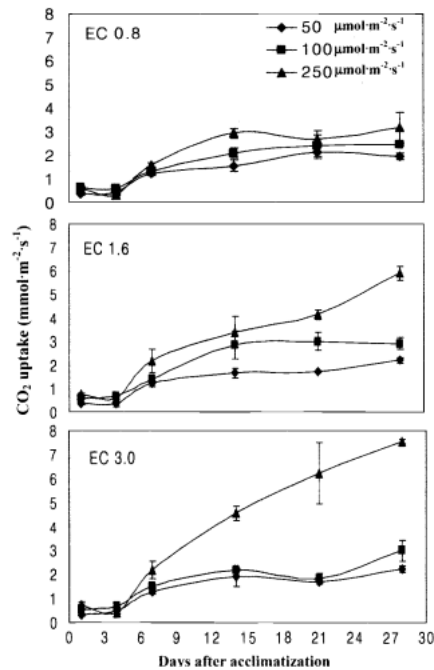
Vervolgens kan er een demo-systeem ontwikkeld worden, en zal de praktijk verdergaan met optimalisering.

## 4.2 Suggesties voor verdere kennis ontwikkeling

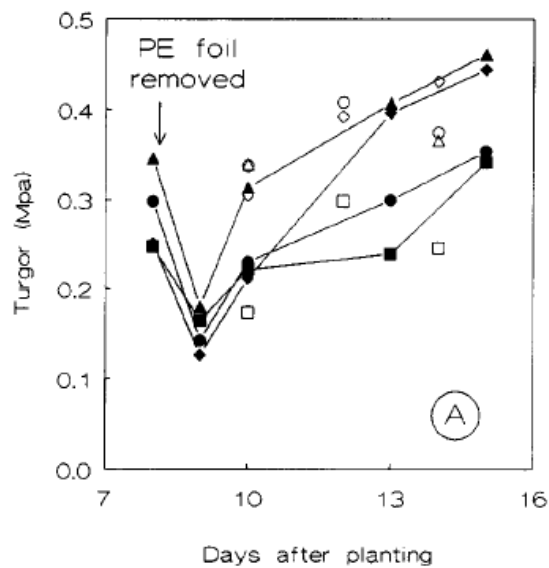
Uit de literatuur komen enkele gedachterichtingen die op basis van de literatuur niet hard te maken zijn, maar zeker het uitzoeken/onderzoeken waard. Hieronder staan deze richtingen genoemd, en de systemen waar ze interessant voor zouden kunnen zijn.

### 4.2.1 Stress van fase-overgang verminderen

De fase-overgang van de bewortelingsfase (hoge RV, weinig licht) naar de lange dag (lagere RV, veel licht) veroorzaakt een initiële vertraging in de groei. Gevoelsmatig lijkt deze sprong erg groot voor een stek met een 7-dagen oud wortelstelsel(tje). Enkele waarnemingen laten dit ook zien. De figuren hiernaast geven het verloop in bladurgor van een proef, en de CO<sub>2</sub>-opname bij plantjes die uit de bewortelingsfase (onder plastic) onder verschillende lichtintensiteit geplaatst werden. Bij Figuur 4.2 (Kim *et al.*, 2006) staan de plantjes in een waterbassin (Deep Flow Technique) op verschillende EC-regimes. Figuur 4.3 is uit onderzoek met een eb/vloed systeem, waar verschillende frequenties eb/vloed werden gegeven. Beide onderzoeken laten een trend zien van ongeveer 7 dagen waar de plant suboptimaal functioneert: lage turgor en geen CO<sub>2</sub>-opname.



Figuur 4.2. Bron Kim et al., 2006.



Figuur 4.3. Bron: Buwalda en Kim, 1994.

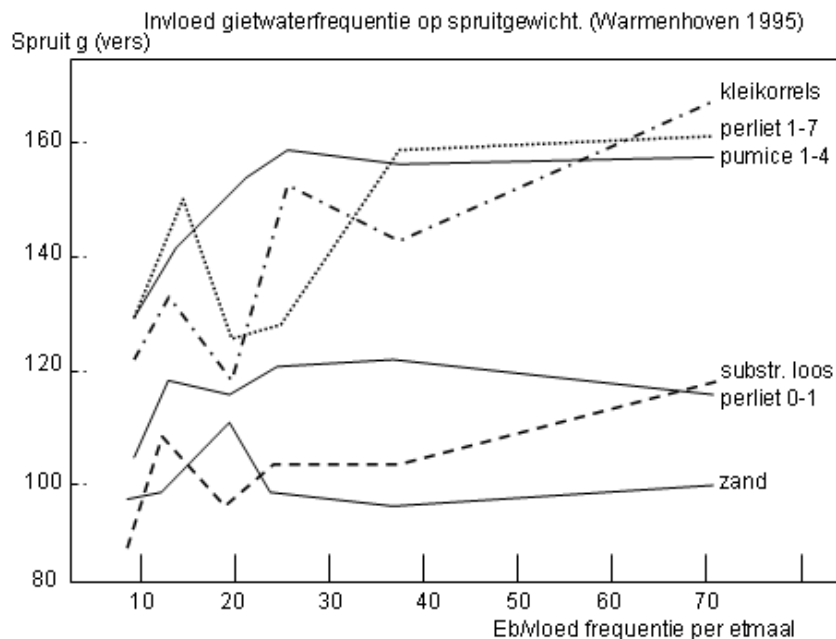
Deze groeivertraging is niet nader onderzocht, maar lijkt samen te hangen met de grote verschillen in omstandigheden (RV, lichtintensiteit, en misschien ook temperatuurverschil). Er lijkt hier sprake van grote stress. Een geleidelijker overgang uit de bewortelingsfase zou deze stress kunnen verlichten en wellicht de groei kunnen versnellen. Andere mogelijkheden zijn het verlagen van de spanning om water op te nemen door tijdelijk veel water van lage EC beschikbaar te hebben, of de plant eerder actief te maken door met een hogere lichtintensiteit (en hoge RV) te bewortelen.

Ook in de teeltpraktijk in de grond wordt hier meer en meer rekening mee gehouden door de planten in de aanwortelingsfase onder hoge RV te houden.

## 4.2.2 Sturing op worteltype

Een studie naar watergiftfrequenties geeft suggesties dat er optima zijn voor wortelsystemen. Warmenhoven (1995) testte verschillende substraten op een eb/vloed systeem. Alle substraten werden in een 11 cm hoge pot gedaan, en kregen verschillende frequenties van 3 minuten 8,5 cm vloed toegediend. In totaal waren er dus 6 tafels, waar planten in 6 verschillende substraten groeiden. Figuur 4.4 geeft de analyses van de versgewichten. Wat opvalt zijn de patronen in de watergiftfrequenties: 1) bij grove substraten (grof perliet, kleikorrels en substraatloos – stippellijnen in de grafiek) is piek rond de 12 watergiften per dag, een dal rond de 18 en vervolgens liggen de opbrengsten weer hoger - tot boven het niveau van de eerdere piek 2) in het zandsubstraat is er alleen een piek (rond 18 beurten) en vervolgens zijn er lage opbrengsten, en 3) de fijne substraten (fijn perliet en fijn pumice - dikke doorgetrokken lijnen) laten een 'verzadigingscurve' zien.

Deze patronen zouden verklaard kunnen worden door te redeneren vanuit verschillende wortelsystemen die ergens het optimum vinden van watergift. Op de grove substraten ontstaan rond de 12 vloed-beurten andere wortels dan bij meer dan 24 beurten, terwijl er in deze omgeving (weinig vocht tussen de gietbeurten) rond de 18 beurten geen succesvol wortelsysteem gemaakt kan worden. Deze wortelsystemen zijn weer anders dan die de fijnere substraten van perliet en pumice, waar een geleidelijke toename in spuitgewicht te zien is, en weer anders dan die in zand, waar de planten boven de 24 beurten per dag nog maar slecht groeien.



*Figuur 4.4. Figuur uit Warmenhoven, (b 1995). verschillende watergiftfrequenties in een eb/vloed-systeem. (kleikorrels 2-4 mm, perliet 1-7 mm, pumice 1-4 mm, substraatloos, perliet 0-1 mm, zand).*

Als deze observatie klopt, dan zullen teeltsystemen (watergeefstelsel en substraat) moeten worden getoetst op het type wortel wat de plant zal ontwikkelen - en de randvoorwaarden die dergelijke type wortels met zich meebrengen, en de flexibiliteit die het systeem heeft om aan deze randvoorwaarden te voldoen. Hier lopen we echter tegen een kennishiaat aan: Wat zijn de randvoorwaarden voor verschillende worteltypen? Wanneer functioneert een wortel optimaal? Echter, het veranderen van de watergeefstrategie gedurende de teelt kan leiden tot het moeten vormen van andere wortels, wat groeivertraging kan veroorzaken.

### 4.2.3 EC

Er wordt in alle onderzoeken met zeer uiteenlopende EC's gewerkt. De gebruikte EC's variëren tussen de 0.8 en 3. Dit hangt samen met de uitwerking van de systemen - hoe meer het een 'watersysteem' is, hoe hoger de EC. Daarnaast zal in de zomer een halve punt lagere EC gehandhaafd worden dan in de winter (pers. com. Buwalda). Het monitoren van de EC en de voedingssamenstelling is van groot belang om niet de plant bloot te stellen aan osmotische stress, of aan voedingstekorten. In paragraaf 3.2 is een schema opgenomen met suggesties over sturing met EC. Het belang van verversen van de voeding rond de wortels wordt onderstreept door ervaringen dat de EC rond de wortels tot  $10 \text{ dS m}^{-1}$  kunnen oplopen bij een constante EC in het voedingswater (Schwarz and Grosch, 2003).

In enkele onderzoeken is er specifieke aandacht geweest voor het effect van huminezuren op de groei. In meerdere studies bleek veenmosveen een goed substraat te zijn (Kreij & Van der Hoeven, 1996; Manjul *et al.*, 2002; Paternotte, 1991). De suggestie dat de huminezuren hiervoor verantwoordelijk zouden zijn, kon echter niet bevestigd worden (2). Huminezuren werken pH-verlagend, wat voor chrysanten gunstig zou zijn, maar kunnen ook metalen complexeren, waardoor deficiënties kunnen ontstaan (mn. Cu).

Chrysant is gevoelig voor natrium. In proeven van Warmenhoven en Baas blijkt verminderde groei geconstateerd te worden bij een concentratie van  $6 \text{ mM Na}^+$  (15) (eb/vloed systeem - totale EC van 2). Ook Baas *et al.* (1991, 48) vonden verminderde groei bij een concentratie van  $8 \text{ mM Na}^+$ . Chrysanten zijn redelijk gevoelig voor natrium. Daarnaast nemen de bloemen bijna geen natrium op, zodat de stof snel zal ophopen in recirculatiesystemen (pers. comm. Wim Voogt).



## 5 Conclusies en aanbevelingen

### 5.1 Conclusies - Teeltsystemen

Ondanks de vele varianten die door de jaren zijn onderzocht en uitgetoet, is er nog geen bedrijfseconomisch betrouwbaar teeltsysteem los van de grond voor de chrysantenteelt. Het overzicht van teeltsystemen laat zien dat de kansen en knelpunten van de verschillende systemen steeds op andere vlakken liggen. Geredeneerd vanuit de Systeemontwikkeling, zullen de teeltsystemen moeten voorzien in het bieden van structuur aan de plant en een matrix voor water en voedingsvoorziening. Voor sommige teeltsystemen werd getwijfeld aan de betrouwbaarheid van het systeem om te voldoen aan deze basale systeem-functies. Alle systemen bieden voldoende structuur aan de plant – temeer omdat veel structuur geboden wordt door het bovengrondse gaas. De water- en voedingsvoorziening werd echter bekritiseerd voor substraatbedden (te nat onderin) en wortelbesproeiing en NFT (risico op droogvallen). In latere studies werden deze knelpunten echter verholpen.

In principe kan de chrysant op elk teeltsysteem groeien. Hoe succesvol een systeem is hangt af van de rentabiliteit en de betrouwbaarheid van het systeem: de mate waarin voldaan wordt aan de plantbehoefte en de robuustheid bij grootschalige aanleg. De bouwstenen uit dit rapport dragen bij aan het verhogen van de betrouwbaarheid van teeltsystemen. De betrouwbaarheid van een systeem is afhankelijk van hoe goed het kan voldoen aan de behoeften van de plant. De rentabiliteit werd niet onderzocht in deze studie. Eerdere studies over rentabiliteit van teeltsystemen bleken beperkt relevant door de grote verschuivingen in kostenstructuren, zoals energie, investeringskosten, materiaalkosten en de teeltversnelling in de grondgebonden teelt). De studies wijzen er wel op dat er nog geen economisch interessant alternatief voor de grondteelt is.

### 5.2 Aanbevelingen

#### 5.2.1 Bouwstenen voor teeltsystemen voor chrysantenteelt los van de grond

De bouwstenen bieden aanknopingspunten voor het verhogen van de betrouwbaarheid bij het ontwerpen van het teeltsysteem. Hieronder staan de belangrijkste aanknopingspunten:

##### *Wortel/voeding*

- Sturen op consequent wortelmilieu door monitoring en sturing van de EC, pH (via  $\text{NH}_4$  en  $\text{NO}_3$ ) en de voedingsbalans. De behoeften van de plant rond deze parameters verschuiven tussen dag en nacht, groeifase van de plant en klimaat (seizoen).
- Hoe vaker het voedingswater rond de wortels verversen kan worden, hoe beter - in eb/vloed systemen lag het optimum bij 8 keer per dag. Het succes van verversen komt waarschijnlijk door dat er nieuwe voedingsstoffen worden aangeboden, en dat de zuurstofconcentratie rond de wortels op pijl blijft.
- Sturen op wortelmorfologie door een consequent watersysteem per substraat te handhaven. Een verandering in watergeefstelsel maakt dat de plant het wortelstelsel moet aanpassen. Mogelijke voorbeelden van dergelijke veranderingen zijn de V- en U-goten, een combinatie van eb/vloed en later beregening of werken met pluggen in een watersysteem zoals eb/vloed of wortelbesproeiing. Een kennishiaat in deze is het gebrek aan inzicht wat de beste maatregelen zijn gegeven de situatie (watergeefstelsel en substraat).

##### *Plant/klimaat*

- Fotosynthese wordt gestimuleerd door licht,  $\text{CO}_2$  (0,08 - 0,1 Vol.%) en temperatuur (optimum afhankelijk van  $\text{CO}_2$ -dosering: 20°C - 35°C).

- De verwerkingsprocessen van assimilaten zijn temperatuurafhankelijk: 'Na een zonnige dag verdient de plant een warme avond'.
- Onder hoge luchtvochtigheid kan een stek in de bewortelingsfase al assimileren. Hierdoor zou de bewortelingsfase sneller kunnen verlopen of de stekken actiever de Lange Dag in kunnen gaan.
- Klimaatschokken vermijden: De plant stelt zich in op de gegeven RV en licht. Een verandering hierin maakt dat de plant zich aan moet passen aan de nieuwe situatie. Dit heeft vooral effect op jonge planten. In de overgang van bewortelingsfase naar Lange Dag, bijvoorbeeld, hebben de planten een aantal dagen nodig om zich aan te passen. Een geleidelijker overgang zou deze aanpassingsperiode kunnen verkorten.

#### *Pythium*

- De pythiumsoort die in substraatteelten veel schade veroorzaakt is warmteminnend (25°C): *Pythium aphanidermatum*.
- *Pythium* voorkomen door veel verversing van het water rond de wortels. Het ziekteverende effect van het regelmatig verversen is waargenomen, maar nog niet verklaard. Het zou kunnen komen doordat de planten 'sterker' zijn bij regelmatige verversing, of door de betere zuurstofvoorziening bij de wortels, (en/of door het gegeven dat *Pythium* 1-3 uur nodig heeft om een infectiebuis te vormen, of door de koeling die het nieuwe (koelere?) water brengt.
- De overgang naar de Korte Dag maakt dat er veel wortels afgestoten worden door de plant (20%) door de lagere aanvoer van sucrose uit de bladeren. Door de vrijkomende stoffen wordt *Pythium* aangetrokken.

#### *Substraatkeuze*

- Substraatkeuze is afhankelijk van systeemkeuze. Natte systemen vereisen een grof substraat, en droge systemen vereisen vochtvasthoudend substraat.

#### *Systeemontwikkeling*

- Werk systematisch in het ontwerpproces. Als handvat voor verdere systeemontwikkeling kan het volgende stappenmodel gebruikt worden: 1) opstellen ontwerpisen, 2) benoemen key-functions, 3) brainstorm over uitvoeringsvormen, 4) genereren van oplossingen, 5) evaluatie van concepten, 6) R&D op kritische punten, 7) bouwen van concept en 8) iteratie van het voorgaande.

## 5.2.2 Kenniskansen

Terwijl we veel weten over het functioneren van wortels en planten, zijn er nog voldoende perspectieven voor teeltverbetering en –versnelling door het verrijken van de kennis. De belangrijkste kansen liggen bij het vermeerderen van kennis op de gebieden:

#### *Wortels*

- Wat is de optimale wortelmorfologie? -wat zijn specifieke behoeften van verschillende worteltypen?
- Hoe kan bewust gestuurd worden op een specifieke wortelmorfologie?
- Beter modellen voor het bepalen van watergeeffrequentie en - volume, gericht op de verversing van de wortel binnen het gegeven teeltsysteem.
- Model voor temperatuursturing van wortel en plant.

#### *Plant*

- Wat is het optimale EC-regime voor de teeltfasen en gedurende de seizoenen?
- Optimaliseren van weggroei van de stek - voorkomen/verzachten van fase-overgangen en klimaatsfluctuaties tijdens de teelt door hogere RV.
- Optimalisering van verdamping.

### *Pythium*

- Kan tijdelijke koeling (20°C) van de wortels pythiuminfectie voorkomen. Dit zou vooral relevant kunnen zijn tijdens de overgang van LD naar KD in de zomer en tijdens het bewortelen.
- Relatie EC en ziektegevoeligheid.

## 5.2.3 Mobyflowers

Ontwikkelingsrichtingen voor het bedrijf Mobyflowers zijn:

- Sterkere monitoring en beheersing van temperatuurschommeling, RV, EC, vochtgehalten en pH (ontwikkelingsrichting deels ingezet in lopend onderzoek Blok *et al.*, 2009).
- Daarnaast is de reiniging van de goten tussen de teelten door van groot belang (vd Lugt, 2008).
- Onderzoeken van kansen van 's zomers koeling bij de wortels (tot 20 - 25°C), vooral bij de wortelzetting en de overgang naar KD, om pythiuminfectie te verminderen.



## Literatuurlijst

- Aaslyng, J.M., N. Ehler, P.L.K. Karlsen & E. Rosenqvist, 1999.  
Intelligrow: a component-based climate control system for decreasing greenhouse energy consumption. *Acta Horticulturae* (507): 35-41.
- Anoniem, 1997.  
DENAR kas eindverslag energie- en milieudemonstratieproject. Uitgegeven door Denar kas B.V., Rijswijk.
- Baas, R., Th.J.M., van den Berg & P.A. Van Weel, 1990.  
Wortelbevochtiging met eb/vloed-recirculatiesysteem. Zuurstofvoorziening speelt belangrijke rol bij chrysant. *Vakblad voor de Bloemisterij* 48 (40-41).
- Baas, R., P. van Weel, D. van der Berg & K. Boer, 1991.  
Effecten van zuurstofgebrek en NaCl overmaat in substraatloze teeltsystemen bij chrysant. Proefverslag 4402-1 en 1509-1. Proefstation voor de bloemisterij in Nederland. Rapport nr 123.
- Baas, R. & M.G. Warmenhoven, 1995.  
Alcohol dehydrogenase indicating oxigen deficiency in chrysanthemum grown in minderal media. *Acto Horticultura* 401:273-282.
- Blok, C., 1992.  
Chrysant. De teelt. mogelijkheden voor substraat. Rockwool Grodan B.V. intern rapport Rockwool Grodan B.V.
- Blok, C., A. van Winkel, P. Lagas & S.Chizhmak, 2008.  
Chrysantenteelt in smalle goten. Wageningen University and Research Centre (WUR). PPO no. 3241406500/3242040708.
- Buwalda F. & K.S. Kim, 1994.  
Effects of irrigation frequency on root formation and shoot growth of spray chrysanthemum cuttings in small jute plugs. *Scientia Horticulturae* 60. 125-138.
- Buwalda, F., R. Baas & P.A. van Weel, 1994.  
A soilless ebb-and-flow system for all-year-round chrysanthemums. *Acta horticulturae* 361. 123- 132.
- Buwalda, F. & B. van den Berg-de Vos, 1994.  
Teelt van jaarrondchrysant (*dendranthema indicum* 'Improved Reagan') op een recirculerend eb/vloedsysteem: productiecijfers 1990-1993. Proefstation voor de bloemisterij in Nederland. Rapport 176. ISSN 0921-710X.
- Buwalda, F., R. Frenck & K.S. Kim, 1995.  
Ebb and flow cultivation of chrysanthemum cuttings in different growing media. *Acta Horticulturae* 401, *Growing Media & Plant Nutrition* 193-200.
- Drüge, U., 1998.  
Effect of fluctuating root zone temperatures in Plant Plane hydroponic on leaf proline level and cutting yield of chrysanthemum stock plants. *Gartenbauwissenschaft*, 63 (4) 157-164.
- Emmerik, P. van, 1994.  
Substraatsystemen Denark Kas op een rij. *Vakblad voor de bloemisterij* (31, p 22-27).
- Gislerød, H.R., 1982.  
Effect of root temperature and propagation media on chrysanthemum in circulating nutrient solution. *Acta Horticulturae*, 126: p. 417-425.
- Gislerød, H.R., 1988a.  
Effects of growing media on chrysanthemums grown in continuous flowing solutions. *Acta Horticulturae*, 221: p. 197-201.
- Gislerød, H.R., 1988b.  
Effects of watering frequency on growth of cut chrysanthemums. *Acta Horticulturae*, 221: p. 327-334.
- Goto, T., *et al.*, 2001.  
Effects of water and nutrient stresses on reduction of vegetative growth in chrysanthemum grown under restricted root zone volume. *Journal of the Japanese Society for Horticultural Science*, 70(6): p. 760-766.
- Henten, E.J. van, J.C. Bakker, L.F.M. Marcelis, A. van 't Ooster, E. Dekker, C. Stanghellini, B. Vanthoor, B. van Randeraat & J. Westra, 2006.

- The Adaptive Greenhouse – an Integrated Systems Approach to Developing Protected Cultivation Systems. Proc. IIIrd IS on HORTIMODEL 2006. Eds. L.F.M. Marcelis *et al.*. Acta Hort. 718, ISHS 2006. 399-406.
- Herve, A.J., 1989.  
Production of spray chrysanthemums in a hydroponic system. Combined Proceedings International Plant Propagators' Society, 39: p. 66-70.
- Heuvelink, E., J. Postma & T. Kierkels, 2008.  
Goed wortelmilieu belangrijk voor kwaliteit product. Onder Glas nummer 10, oktober 2008 (13-15).
- Hoeven, B. van der & C. Zwinkels, 1991.  
Optimalisering wortelbesproeiing chrysant. Vooral startproblemen staan succes gesloten systemen in de weg. Vakblad voor de bloemisterij 41 (1991) p 40,41.
- Karlovich, P.T. & W.C. Fonteno, 1986.  
Effect of soil moisture tension and soil water content on the growth of chrysanthemum in 3 container media. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 111(2):191-195.
- Kim, S.-J., E.-J. Hahn & K.-Y. Paek, 2006.  
Production of chrysanthemum transplants as affected by hydroponic systems, electrical conductivity in nutrient solution, and photosynthetic photon flux. Horticulture Environment and Biotechnology, 47(6): p. 349-352.
- Kipp, J.A. & G. Wever, 1993.  
Wortelmedia. Proefstation voor Tuinbouw onder glas te Naaldwijk. No 103 Serie: informatiereeks. Naaldwijk maart 1993.
- Kreij, C. de & B. van der Hoeven, 1996.  
Effect of humic substances, pH and ITS control on growth of chrysanthemum in aeroponics. ISOSC Proceedings 1996.
- Kreij, C. de, 1995.  
Latest insights into water and nutrient control in soilless cultivation. Acta Horticulturae 408. 47-61
- Lieth, J.H. & D.W. Burger, 1989.  
Growth of chrysanthemum using an irrigation system controlled by soil moisture tension. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 114(3):387-392
- Lugt, G.G. van der, B.J. Oppedijk & W.L. Holtman, 2008.  
Risico-inventarisatie voor substraatteelt van chrysant, betreffende teeltomstandigheden en optreden van *Pythium*. Blgg b.v. april 2008
- Maaswinkel, R. & C. Zwinkels, 1997.  
Met luchtige pot minder *Pythium* en uniformere chrysanten. Vakblad voor de bloemisterij 15 (60-61)
- Manjul, D., M.T. Patil & P.C. Sonawane, 2002.  
Effect of various substrates on growth and flowering of chrysanthemum. Indian Journal of Horticulture, 59(2): p. 191-195.
- Marchner, H., 1995.  
Mineral Nutrition of Higher plants. Second edition. Academic Press Limited. ISBN. 0-12-473542-8. (p.532-535).
- Meer, M.C. van der, 1995.  
Chrysanten op een dunne laag steenwol. Derde teelt proef 6310-08. Proefstation voor bloemisterij en glasgroente. Vestiging Naaldwijk. Intern verslag 12.
- Meer, F.B.W. van der, 1996.  
Water accessibility to plant roots as a function of different soil structures of a Dutch loamy soil. Scriptie Landbouwuniversiteit, Vakgroep Bodemkunde en Geologie.
- Morgan, J.V. & A.T. Moustafa, 1989.  
Influence of propagation medium on the growth of spray chrysanthemum in hydroponics. Acta Horticulturae, 238: p. 99-107.
- Onstenk, R., 1977.  
Culture in rockwool and on nutrient film. Vakblad voor de Bloemisterij, 32(46): p. 62-67.
- Os, E.A. van, 1980.  
Complete mechanization of the growing of cut chrysanthemums in nutrient film. Proceedings, Fifth International Congress on Soilless Culture,; p. 187-196.

- Paternotte, S.J., 1991.  
Meer problemen verwacht in gesloten teeltsystemen. Vakblad voor de Bloemisterij 49 (1991) blz. 66-67.
- Pekkeriet, E.J. & J. Sonneveld, 2007.  
Mobysant-ontwikkeling van een mobiel teeltsysteem voor chrysant. Eindrapport. Wageningen UR Glastuinbouw, Wageningen.
- Pon, M.H. & G. Wever, 1990.  
Bloemisterij 29, 1990.
- Raviv, M. & J.H. Lieth, 2008.  
Soilless Culture: theory and practice. Elsevier BV. ISBN: 978-0-444-52975-6.
- Ruijs, M.N.A., E.A. van Os, A.T.M. Hendrix, A.P. van der Hoeven, F. Koning & P.A. van Weel, 1990.  
Bedrijfskundige aspecten van milieuvriendelijkere bedrijfssystemen in de glastuinbouw. Proefstation voor tuinbouw onder glas. Verslag nr 2. mei 1990.
- Sakamoto, Y., S. Watanabe & K. Okano, 2001.  
Growth and quality of chrysanthemum (*Dendranthema grandiflora*) grown in wet sheet culture and deep flow technique. *Acta Horticulturae*, 548: p. 459-467.
- Schroeder, F.G. & J.H. Lieth, 2004.  
Gas composition and oxygen supply in the root environment of substrates in closed hydroponic systems. *Acta Horticulturae*, 644: p. 299-305.
- Schwarz, D. & R. Grosch, 2003.  
Influence of nutrient solution concentration and a root pathogen (*pythium aphenidermatum*) on tomato root growth and morphology. *Scientia Horticultura* 97 109-120.
- Soffer, H. & D.W. Burger, 1988.  
Effects of Dissolved oxygen concentration s in aero-hydroponics on the formation and growth of adventitious roots. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 113(2):218-221.
- Sonneveld, J.  
Eerste resultaten Mobysant positief.
- Still, S.M., 1977.  
Comparison of Chrysanthemum-Morifolium Growth in Pine Bark or Commercial Soilless Mixes. *Hortscience*, 12(6 SECTION 1): p. 573-574.
- Steekelenburg, A. van & B. van der Hoeven, 1993.  
Invloed van plantherkomst en EC niveau op groei van chrysanten op wortelbesproeiing. Proefstation voor tuinbouw onder glas te naaldwijk. intern verslag 9.
- Swinkels, S. & C. Schroder, 1993.  
Invloed van watergift en persspotsamenwetelling op de groei van chrysanten op wortelbesproeiing. Teelt Proefnummer 7401-04. verslagnummer 27. stichting proeftuin Noord-Limburg.
- Vaate, J.C. Bij de & C. Blok, 1990.  
Stekken in steenwolkjes even goed als in perspot. Vakblad voor de bloemisterij 35 p 32-33.
- Vakblad voor de Bloemisterij 31, 1994.  
Substraatsystemen Denar Kas op een rij.
- Verhagen, J.B.G.M., 1992.  
Ervaringen met de teelt van chrysant op veensubstraat in een gesloten teeltsysteem. Proefstation voor tuinbouw onder glas te naaldwijk. Intern verslag 67.
- Verhagen, J.B.G.M., 1993.  
Peat as a substrate for year round chrysanthemum growing. *Acta horticulturae* 342, Substrates in Horticulture. 221-227.
- Verver, F.L.J.A.W., 1976.  
Grond is niet het enig bruikbare teeltmedium – teelt in steenwol goed mogelijk. Vakblad voor de Bloemisterij, 31(37): p. 62-63.
- Waisel, Y., A. Eshel & U. Kafkafi, 2002.  
Plant Roots The hidden Half. Second Edition, revised an expanded. Marcel Dekker, Inc. ISBN: 0-8247-9685-3
- Warmenhoven, M.G. & R. Baas, 1995.  
Chrysanthemum cultivation in a soilless ebb/flow system: interaction of NaCl, mineral nutrition and irrigation frequency. *Acta Horticulturae* 401, Growing media & Plant Nutrition , p 393-400.

Warmenhoven, M., 1995.

Involed van gietfrequenties en granulaire substraten op chryasant in eb/vloedsysteem. Proef 6306-14. Rapport 13.

Wever, G., 2003.

Plug biedt chryasant perspectief. Vakblad voor de Bloemisterij 10, pag 52,53.

Wiel van Son, A. van de, 1991.

Teelt van chryasant los van de ondergrond: wortelbesproeiing. Proefnummer 1506-11. verslagnummer 18. stichting proeftuin Noord-Limburg.



# Bijlage I.

## Terugkoppeling met de praktijk

De literatuurstudie is besproken met de praktijkexperts Rene Corsten (DLV) en Paul Bol (MobyFlowers) om zo de meer abstracte, theoretische bevindingen te vertalen naar de praktijk. Deze bijlage doet verslag van deze gesprekken.

De grote uitdagingen voor substraatteelt zitten in *Pythium*, oogstgelijkheid, herstel van fysische eigenschappen (volgteelt) en rendement. Nieuwe systemen zullen vooral op deze uitdagingen een goed alternatief kunnen bieden.

De watergift is gericht op verversing van de voeding rond de wortels, terwijl er ook af en toe lucht om de wortels moet komen. De watergiftstrategie bestaat dus uit frequentie van watergift en volume tegenover de plantopname en de mogelijkheid van indroging om voldoende lucht bij de wortels te krijgen. Een plant ontwikkelt zich daarbij naar de omstandigheden. Consequente watergift is daarom essentieel, zowel in de grondgebonden als in de substraatteelt. Afwijking van de ingezette ('natte-' of 'droge-') strategie kan betekenen dat de plant andere wortels moet gaan vormen, wat vertraging en wortelafsterving kan veroorzaken. In de grondgebonden teelt wordt hoge frequentie watergift beperkt door de roest risico's. Bij roest zal de frequentie omlaag moeten. Omdat dit in tegenspraak met het sturen op consequente watergift, is er in de praktijk weinig flexibiliteit is voor hoogfrequente watergift. In de substraatteelt betekent de noodzaak voor consequente watergift dat het watersysteem al bij de aanleg ingericht moet worden op de watergeefstrategie. Al bij de aanleg moet duidelijk zijn welke waarnemingen of metingen nodig zijn om de strategie te kunnen monitoren (locatie en meetmomenten van EC, pH, vochtigheid, luchtgehalte, doorstroom, etc.).

Werken met hogere temperaturen om groei te bevorderen wordt in de praktijk veel toegepast. Beperkende factoren zijn hier het optimum van de knopvorming (20-22°C) en de verhoogde dissimilatie bij hogere temperaturen.

Ook het verhogen van de RV bij de beworteling en aanworteling wordt meer en meer toegepast. Een hoge RV (terwijl er al wel licht is) maakt dat de plant actief wordt, zonder al sterk te groeien of slap te gaan. Hierdoor wordt de start van de teelt meer homogeen. Een hoge RV zit boven de 85% om te voorkomen dat er hoeken zijn met lagere RV, waar planten meer zullen gaan verdampen, met ongelijkheid tot gevolg.

In de substraatteelt wordt gezocht naar de balans tussen de betrouwbaarheid van het systeem en het volume van het substraat. In principe kan de chrysanthe met heel weinig wortelvolume toe – mits deze wortels voldoende voeding kunnen opnemen en lucht (CO<sub>2</sub>, O<sub>2</sub>) kunnen uitwisselen. Het substraatvolume biedt vooral een buffer tegen de fluctuaties die het systeem toelaat door pH, EC en temperatuur-veranderingen geleidelijker tot de wortels te laten doordringen. Hoe minder de omgeving beheerst kan worden, hoe groter het substraatvolume moet zijn. Deze beperkte buffering wordt bij Mobyflowers bijvoorbeeld herkend in de korte tijd waarmee de substraattemperatuur de ruimtetemperatuur volgt.

De plant past zich aan, aan de omstandigheden. Planten die groeien in een schommelend klimaat zijn daardoor minder gevoelig voor een extra fluctuatie. Terwijl planten uit een homogeen klimaat meer fluctuatie-gevoelig zijn.

Vragen vanuit de experts:

- Is de gevoeligheid van wortels voor *Pythium* afhankelijk van de leeftijd van de wortel of de plant? Is een jong plant/wortel meer vatbaar?
- In de situatie van MobyFlowers is er nog zeer weinig bekend over de ionenuitwisseling over de lengte van de goot. Het verloop in pH laat zien dat er veel gebeurt. Het is echter onduidelijk in welke mate de planten over de goot voorzien worden van een verschillende ionen-mix, en hoe hier meer homogeniteit bereikt kan worden gegeven de NFT-situatie.



## **Bijlage II.**

# **Overzicht teeltsystemen**

Dit overzicht geeft van 20 studies de gebruikte opzet en gevonden knelpunten. De inventarisatie is niet voor alle studies uitgevoerd.

*Toelichting: Benoemde knelpunten*

Knelpunt	gevolg
1 Slechte zuurstof/water verhouding van substraat of plug	Laag zuurstofgehalte bij de wortels, met als gevolg slechte wortelontwikkeling en pythiumaantasting
2 Langdurig stilstaand water (door slechte afwatering, of doordat wortelgroei of afval op de bodem van het systeem de doorstroom van water belemmert).	Laag zuurstofgehalte bij de wortels, met als gevolg slechte wortelontwikkeling en pythiumaantasting
3 Verdeling van water over het substraat – en over de wortels in het substraat	Wortels te nat of te droog – tot en met uitdroging
4 Grote hoeveelheid water te recirculeren	Ontsmetting niet meer goed mogelijk (of te duur). mn bij eb/vloed systeem
5 Algenbloei	veelal werd dit knelpunt voorzien en voorkomen
6 Inlinking van het substraat (bij volgteelt)	met als gevolg een laag zuurstofgehalte bij de wortels
7 Hygiëne van het systeem (bij volgteelt)	problemen bij hergebruik van materialen of substraat
8 Hoge operationelekosten	Systeem te duur
9 Hoge investeringskosten	Systeem te duur
10 Geringe (meer)opbrengst tijdens proef	Systeem te duur

Teeltsysteem	Beworteling	Teelt	Watergeefstelsysteem	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Referenties
tafel zoals in potplanten teelt (4 cm hoog)		water (substraatloos)	eb/vloed				x							Baas <i>et al.</i> , 1990
tafel zoals in potplanten teelt (4 cm hoog)		water (substraatloos)	continu vloed met beluchting				x							Baas <i>et al.</i> , 1990
tafel zoals in potplanten teelt (4 cm hoog)		water (substraatloos)	continu vloed zonder beluchting				x							Baas <i>et al.</i> , 1990
goten op tafels : 6 m x 10 cm x 10 cm	jute plug	zand (rivierzand)	2 x/ dag 1 min of 6x/dag 2 min											Baas Warmenhoven, 1995
goten op tafels : 6 m x 10 cm x 10 cm	jute plug	perliet (0-1mm)	2 x/ dag 1 min of 6x/dag 2 min											Baas Warmenhoven, 1995
goten op tafels : 6 m x 10 cm x 10 cm	jute plug	perliet 1-7 mm	2 x/ dag 1 min of 6x/dag 2 min											Baas Warmenhoven, 1995
goten op tafels : 6 m x 10 cm x 10 cm	waterstek	zand (rivierzand)	1 x/ dag of 10 x/dag 5 min											Baas Warmenhoven, 1995
goten op tafels : 6 m x 10 cm x 10 cm	waterstek	perliet (0-1mm)	1 x/ dag of 10 x/dag 5 min											Baas Warmenhoven, 1995
goten op tafels : 6 m x 10 cm x 10 cm	waterstek	perliet 1-7 mm	1 x/ dag of 10 x/dag 5 min											Baas Warmenhoven, 1995
goten op tafels : 6 m x 10 cm x 10 cm	waterstek	iceland pumice (2-6mm)	1 x/ dag of 10 x/dag 5 min											Baas Warmenhoven, 1995
steenwolmat														Blok, 1992
dunne kale matten in goten	perspot?			x		x		x						Blok, 1992
matten ( 5 cm, 7,5 cm)		matten ( 5 cm, 7,5 cm)	druppelen			x								Blok, 1992
V-goten	steenwolpot											x		Blok, 1992
V-goten	kokosgruis/koko svezel 70/30	kokosgruis/kokosvezel 70/30	inbrengen aan beging goot											Blok <i>et al.</i> , 2008
V-goten	jiffy veen-schuimplug (5x5x1,5 com)	kokoschips	inbrengen aan beging goot			x								Blok <i>et al.</i> , 2008

Teeltsysteem	Beworteling	Teelt	Watergeefstelsysteem	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Referenties
V-goten	kokosgruis/koko svezel 70/30	kokoschips	inbrengen aan beging goot			x								Blok <i>et al.</i> , 2008
V-goten	kokosgruis/koko svezel 70/30	grof perliet (2-6 mm)	inbrengen aan beging goot											Blok <i>et al.</i> , 2008
V-goten	jiffy veen-schuimplug (5x5x1,5 com)	grof perliet (2-6 mm)	inbrengen aan beging goot			x							x	Blok <i>et al.</i> , 2008
V-goten	polyetherschuim met plantsleuf	polyetherschuim met plantsleuf	inbrengen aan beging goot										x	Blok <i>et al.</i> , 2008
V-goten	jiffy schuim-driehoek (5x5x5 com)	grof perliet (2-6 mm)	inbrengen aan beging goot			x							x	Blok <i>et al.</i> , 2008
V-goten	fijn perliet samenhangend	grof perliet (2-6 mm)	inbrengen aan beging goot			x								Blok <i>et al.</i> , 2008
V-goten	diverse combinaties substraat	diverse combinaties boven en onder substraat	inbrengen aan beging goot											Blok <i>et al.</i> , 2008
container 5 m2	tapered substrate plugs (2,5 x 5 cm)	water (substraatloos)	eb/vloed (1x/uur en 4x/uur en continue)									x		Buwalda <i>et al</i> 1994
Container (bak 1.15 x 4.5 m)	jute plug (ingegraven)	kleikorrels 5 cm (4-8 mm)	eb/vloed (1 x 5'/ uur bovenste laag nat)				x							Buwalda & van den Berg-de Vos, 1994
container (bak 1.15 x 4.5 m)	perspotje (1 cm in de korrels gedruwd)	kleikorrels 5 cm (4-8 mm)	eb/vloed (1 x 5'/ uur bovenste laag nat)				x							Buwalda & van den Berg-de Vos, 1995
Container (bak 1.15 x 4.5 m)	gellijnde veenplug	substraatloos	eb/vloed				x							Buwalda & van den Berg-de Vos, 1996
Container (bak 1.15 x 4.5 m)	steenwol	substraatloos	eb/vloed				x							Buwalda & van den Berg-de Vos, 1997
container (bak 1.15 x 4.5 m)	jute plug	substraatloos	eb/vloed				x							Buwalda & van den Berg-de Vos, 1998

Teeltsysteem	Beworteling	Teelt	Watergeefstelsysteem	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Referenties
container 5 m <sup>2</sup>	water (substraatloos)	water (substraatloos)	eb/vloed (24 X per dag)	test naar luchtvolume in wortelmedium en beworteling										Buwalda <i>et al.</i> ,1995
container 5 m <sup>2</sup>	steenwol (inverted pyramid)	water (substraatloos)	eb/vloed (24 X per dag)	test naar luchtvolume in wortelmedium en beworteling										Buwalda <i>et al.</i> ,1995
container 5 m <sup>2</sup>	jute plug	water (substraatloos)	eb/vloed (24 X per dag)	test naar luchtvolume in wortelmedium en beworteling										Buwalda <i>et al.</i> ,1995
container 5 m <sup>2</sup>	oasis propagation blocks	water (substraatloos)	eb/vloed (24 X per dag)	test naar luchtvolume in wortelmedium en beworteling										Buwalda <i>et al.</i> ,1995
container 5 m <sup>2</sup>	glaswol blok	water (substraatloos)	eb/vloed (24 X per dag)	test naar luchtvolume in wortelmedium en beworteling										Buwalda <i>et al.</i> ,1995
bed: 18 cm ruimte tussen stek en folie	perspot	3.5 cm dik pp	eb/vloed (3 cm vloed - 2300 liter/bed)				x				x	x	x	Anoniem, 1997
bed: 18 cm ruimte tussen stek en folie	perspot	kleikorrels (3 cm)	eb/vloed (3 cm vloed - 2300 liter/bed)			x					x	x	x	Anoniem, 1997
bed: 18 cm ruimte tussen stek en folie	gelijmde veenplug	substraatloos folie	eb/vloed (3 cm vloed - 2300 liter/bed)				x				x	x	x	Anoniem, 1997
bed: 18 cm ruimte tussen stek en folie	gelijmde veenplug	substraatloos folie	eb/vloed (3 cm vloed - 2300 liter/bed)				x				x	x	x	Anoniem, 1997
bed: 18 cm ruimte tussen stek en folie	perspot	water (substraatloos)	wortelbesproeiing + 1 cm water			x					x	x		Anoniem, 1997
bed: 18 cm ruimte tussen stek en folie	steenwolplug	water (substraatloos)	wortelbesproeiing + 1 cm water			x					x	x		Anoniem, 1997
bed: 18 cm ruimte tussen stek en folie	cocos plug	water (substraatloos)	wortelbesproeiing + 1 cm water			x					x	x		Anoniem, 1997
bed: 18 cm ruimte tussen stek en folie	pp	water (substraatloos)	wortelbesproeiing + 1 cm water			x					x	x		Anoniem, 1997
bed: 18 cm ruimte tussen stek en folie	gelijmde veenplug	water (substraatloos)	wortelbesproeiing + 1 cm water			x					x	x		Anoniem, 1997

Teeltsysteem	Beworteling	Teelt	Watergeefstelsysteem	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Referenties
container (bak) zonder substraat	gelijnde veenplug	substraatloos HAWE - pluggen in het deksel	eb/vloed (3 cm vloed - 2300 liter/bed)			x	x				x	x	x	Anoniem, 1997
mat 1,5 cm	perspot	drielaag pp-mat (trivilt van Havivank)	eerst regen, dan druppelen		x	x			x					Anoniem, 1997
mat 1,5 cm	perspot	drielaag pp-mat (trivilt van Havivank)	eerst regen, dan druppelen		x	x								Anoniem, 1997
substraat op folie	perspot	Grond (10, 20 en 40 cm)	druppelen	x					x				x	Anoniem, 1997
substraat op folie	perspot	veen (1,5 cm)	druppelen			x			x					Anoniem, 1997
substraat op folie	perspot	kleikorrels (10-14 cm. bedlengte 41 meter)	druppelen		x							x		Anoniem, 1997
substraat op folie	perspot	flugsand	druppelen	x										Anoniem, 1997
tafel	Oasis propagatie blocks	PPH (polyester fleecetussen polyethyleen folie)	druppelen											Druge, 1998
container (tafels: 1.5x6.15 m) met substraat	?	kokos	beregenen (gieten)								x		x	Pekkeriet & Sonneveld, 2007
container (bak) zonder substraat	waterstek	water (substraatloos)	eb/vloed											Fleurago
container (bak) zonder substraat	waterstek	water (substraatloos)	wortelbesproeiing											Fleurago
container (bak) zonder substraat	waterstek	water (substraatloos)	meedruppelen met wortels											Fleurago
container (tafel: 1.5x7.8 m)	?	veen-kokos	beregenen (gieten)			x								Pekkeriet & Sonneveld, 2007
container 6 m x 1,15 m	veen (braam)	water (substraatloos)	wortelbesproeiing											Hoeven Zwinkels, 1991
container 6 m x 1,15 m	Veen (Hypol)	water (substraatloos)	wortelbesproeiing											Hoeven Zwinkels, 1991
container 6 m x 1,15 m	water	water (substraatloos)	wortelbesproeiing											Hoeven Zwinkels, 1991



Teeltsysteem	Beworteling	Teelt	Watergeefstelsysteem	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Referenties
container 6 m x 1,15 m	polyfenol	water (substraatloos)	wortelbesproeiing											Hoeven Zwinkels, 1991
container 6 m x 1,15 m	steenwol	water (substraatloos)	wortelbesproeiing											Hoeven Zwinkels, 1991
container (16,5 cm azalea pot)		bast	handmatig watergift	test naar effect vochtspanning										Karloovich Fonteno, 1986
container (16,5 cm azalea pot)		grond	handmatig watergift	test naar effect vochtspanning										Karloovich Fonteno, 1986
container (16,5 cm azalea pot)		veen	handmatig watergift	test naar effect vochtspanning										Karloovich Fonteno, 1986
Container (bak 300x86x30 cm lxbxn)	steenwol	substraatloos	wortelbesproeiing	test voor effect van humic substances										Kreijn & Van der Hoeven, 1996
V-goten	kokosplug	veen-kokos	inbrengen aan beging goot		x	x			x					Pekkeriet & Sonneveld, 2007
V-goten	kokosplug	Scoria	inbrengen aan beging goot		x	x								Pekkeriet & Sonneveld, 2007
V-goten	kokosplug	kokos	druppelen										x	RO flowers
V-goten	kokosplug	substraatloos	inbrengen aan beging goot		x	x							x	RO flowers
V-goten	steenwolplug	substraatloos	inbrengen aan beging goot		x	x							x	RO flowers
V-goten	naakte stek	substraatloos	inbrengen aan beging goot										x	RO flowers
V-goten	naakte stek	jute	inbrengen aan beging goot										x	RO flowers
V-goten	naakte stek	papier	inbrengen aan beging goot										x	RO flowers
V-goten	paperplug	substraatloos	inbrengen aan beging goot										x	RO flowers
V-goten	gelijmde veenplug	substraatloos	inbrengen aan beging goot		x	x							x	RO flowers
V-goten	?	kokos-veen	inbrengen aan beging goot											RO Flowers
V-goten	gelijmde veenplug	kokos	inbrengen aan beging goot										x	RO Flowers
V-goten	?	kokos	inbrengen aan beging goot											RO Flowers
V-goten	kokosplug	kokos	inbrengen aan beging goot											RO flowers + fides
bak water (18 L reservoir, 10 L water)	waterstek	water	bak water (mist boven water voor O2 verhoging)	test naar invloed O2 op wortelvorming										Soffler Burger, 1988



Teeltsysteem	Beworteling	Teelt	Watergeefstelsysteem	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Referenties
grondteelt	6.WM + org. lijn	kasgrond												Wever, 2003
grondteelt	7.WM + Synthet. Lijn	kasgrond												Wever, 2003
grondteelt	8.WM + UPS	kasgrond												Wever, 2003
grondteelt	9.WM + tray 741	kasgrond												Wever, 2003
grondteelt	10.perspot in grond	kasgrond												Wever, 2003
grondteelt	11.perspot op grond	kasgrond												Wever, 2003
container (tafel) met substraat	callusstek	veen-kokos	druppelen										x	Pekkeriet & Sonneveld, 2007
goten (b=6 cm, h=4,5 cm)	kokosplug	substraatloos	NFT	x										Pekkeriet & Sonneveld, 2007
goten (b=6 cm, h=4,5 cm)	kokosplug	substraatloos	eb/vloed											Pekkeriet & Sonneveld, 2007
goten (b=6 cm, h=4,5 cm)	waterstek	substraatloos	NFT	x									x	Pekkeriet & Sonneveld, 2007
goten (b=6 cm, h=4,5 cm)	waterstek	substraatloos	eb/vloed										x	Pekkeriet & Sonneveld, 2007
goten (b=6 cm, h=4,5 cm)	waterstek	jute	NFT	x									x	Pekkeriet & Sonneveld, 2007
goten (b=6 cm, h=4,5 cm)	waterstek	jute	eb/vloed	x									x	Pekkeriet & Sonneveld, 2007
goten (b=6 cm, h=4,5 cm)	callusstek	veen-kokos	eb/vloed										x	Pekkeriet & Sonneveld, 2007

