



Deskstudie Teelt de grond uit

Een literatuurstudie over Teelt de grond uit systemen met een beschrijving van onderzoeksvragen voor verdere ontwikkeling

Eveline Stilma
Tycho Vermeulen
Henk van Reuler
Frank Maas



Praktijkonderzoek Plant & Omgeving, onderdeel van Wageningen UR
Business Unit Akkerbouw, Groene ruimte en Vollegrondsgroenten

September 2011

PPO nr. 422

Teelt de grond uit

Het programma Teelt de Grond uit ontwikkelt rendabele teeltsystemen voor de vollegrondstuinbouw (groenten, bloembollen, boomteelt, fruit en zomerbloemen & vaste planten) die voldoen aan de Europese regelgeving voor de waterkwaliteit. Uitgangspunt is dat de systemen naast een sterke emissiebeperking ook voordelen voor ondernemers opleveren (zoals een grotere arbeidsefficiëntie, betere kwaliteit of nieuwe marktkansen) en gewaardeerd worden door de maatschappij. Onderzoekers van Wageningen UR (Praktijkonderzoek Plant & Omgeving, Wageningen UR Glastuinbouw en LEI) en Proeftuin Zwaagdijk werken in het programma nauw samen met telers, brancheorganisaties en adviseurs uit de sectoren. De financiers van het programma zijn het Ministerie van EL&I, het Productschap Tuinbouw en diverse andere partijen.

Financier van dit onderzoek is het Ministerie van Economische Zaken, Landbouw & Innovatie KB-II-programma.



**Ministerie van Economische Zaken,
Landbouw en Innovatie**

**Praktijkonderzoek Plant & Omgeving, onderdeel van Wageningen UR
Business Unit Akkerbouw, Groene ruimte en Vollegrondsgroenten**

Adres: Edelhertweg 1, 8219 PK LELYSTAD

Telefoon : 0320 – 29 11 11

Fax: 0320 – 23 04 79

E-mail: info.ppo@wur.nl

Internet: www.ppo.wur.nl

Inhoud

Samenvatting	5
1 Inleiding	9
2 Ontwikkeling van de land- en tuinbouw	11
2.1 Achtergrond teeltwijzen	11
2.2 Systeemkeuze Tdgu in relatie tot drijfveren	12
2.2.1 Drijfveren	12
2.2.2 Logistiek en arbeid	13
2.2.3 Ziekten	13
3 Verschillende gewasgroepen en teelten	15
3.1 Bestaande teelten uit de grond	15
1. Vruchtgroenten (Fruiting vegetables)	15
2. Bladgewassen geplant (Single harvest leaf vegetables)	15
3. Bladgewassen gezaaid (Single harvest vegetables, drilling)	16
4. Overige groentegewassen (Other vegetable crops)	16
5. Snijbloemen (cut flowers)	16
6. Snijbloemen eenmalige oogst (single harvest cut flowers)	16
7. Bloembollen en bolbloemen (flowering bulb, tuber and rootstocks)	Fout! Bladwijzer niet gedefinieerd.
8. Andere snijbloemen	17
9. Bloeiende potplanten (flowering potted plants)	17
10. Blad potplanten (foliage potted plants)	17
3.2 Nieuwe systemen onbedekte teelt uit de grond	18
a) Bollen	18
a) Fruit	19
b) Bomen	20
c) Zomerbloemen en vaste planten	20
d) Vollegrondsgroenten	21
e) Bloemisterij onder glas	22
4 Sturen van de gewasgroei	23
4.1 Opstelling	23
4.1.1 Substraatkeuze	23
4.1.2 Watergifttype	24
4.2 Basis sturing	25
4.2.1 Goede groei ondergronds	25
4.2.2 Sturen op water en nutriënten	25
4.2.3 Goede groei bovengronds	26
4.2.4 Uniformiteit	29
4.2.5 Ziektevrij: ontsmetting en recirculatie van water	29
4.2.6 Bovengrondse ziekten en Plagen	30
4.3 Specifieke sturing	31
5 Nieuwe aspecten in Teelt de grond uit	33
5.1 Opstelling	33
5.1.1 Containers meerjarige teelt	33
5.1.2 Grof zand	33
5.1.3 Substraatloos	33
5.1.4 NFT	Fout! Bladwijzer niet gedefinieerd.
5.2 Basis sturing	33
5.2.1 Wortelmorfologie in dichte potten	33
5.2.2 Optimale pH en EC van het voedingsmedium	33
5.2.3 Planten in water	34
5.2.4 Zuurstofvoorziening bij de wortels in bassin	34
5.2.5 Hygiëne	34
5.2.6 Ziektevrij telen	34
5.2.7 Neerslagoverschot	34
5.2.8 Wortellexudaten	34

5.2.9	Smaak van teelt op water	35
5.2.10	Winterhardheid	35
5.3	Specifieke sturing	35
5.3.1	Appel	35
5.3.2	Blauwe bes	35
5.3.3	Bollen.....	35
5.3.4	Bomen	36
5.3.5	Bladgewassen.....	36
5.3.6	Chrysant.....	36
5.3.7	Zomerbloemen en vaste planten	36
5.3.8	Prei.....	36
5.3.9	Kool.....	36
5.3.10	Aardbei.....	36
6	Aandachtspunten Tdgu	37
6.1	Opslagcapaciteit Tdgu-systemen open teelt.....	37
6.1.1	Opslagmogelijkheden.....	37
6.2	Groeiremming bij recirculatie	37
6.3	Recirculatie en ziekten.....	38
6.4	Weerbaarheid van substraatloze systemen.....	41
6.4.1	Systemen voor waterberging.....	42
7	Duurzaamheid van de systemen	43
7.1	Sociale duurzaamheid (People).....	43
7.2	Milieukundige duurzaamheid.....	43
7.3	Economische duurzaamheid.....	44
8	Referenties	45
	Bijlage 1. Overzicht waterontsmetting in recirculatie systemen.....	47

Samenvatting

In Teelt de grond uit wordt gewerkt aan integraal duurzame teeltsystemen waarbij kan worden voldaan aan de Nitraatrichtlijn en de Kaderrichtlijn Water. Met de huidige landbouwpraktijk wordt niet aan de gestelde beleidsdoelen voldaan wat betreft de emissies van mineralen en gewasbeschermingsmiddelen. De eisen voor uitspoeling worden steeds strenger. Aangezien het niet mogelijk is met de huidige teeltwijzen aan de norm te voldoen is het nodig nieuwe manieren van telen te onderzoeken. In 2009 is het project Teelt de grond uit (Tdgu) van start gegaan. In dit project worden systemen ontwikkeld om los van de ondergrond gewassen te telen in de buitenlucht. Daarmee ontstaat er een nieuw type teelt in Nederland. Voor de in het project onderzochte gewassen, prei, blauwe bes, appel, aardbei, bloemkool en verschillende type blad-, bloembol en boomteelt gewassen, vaste planten en zomerbloemen zijn systemen ontworpen. In dit rapport worden Teelt de grond uit systemen onderbouwd aan de hand van literatuur en ervaringen in de gewasgroepen waarbij kennisleemtes duidelijk zijn geworden. Er wordt in het begin van de studie onderscheid gemaakt in vier verschillende typen teelten:

1 Bedekte vollegrondstuinbouw

2 Bedekte substraatteelt

3 Onbedekte vollegrondstuinbouw

4 Onbedekte substraat/ water teelt.

Bedekte versus onbedekte teelt

- In de bedekte teelt kan in tegenstelling tot de onbedekte teelt gestuurd worden op lichtintensiteit, dag/ nacht ritme, bovengrondse temperatuur en CO₂.
- Systemen in de buitenlucht moeten bestand zijn tegen weersextremen, zoals vorst, hevige neerslag, hagel en wind.
- Ruimte is een minder beperkte factor in de buitenlucht waardoor er voor de inrichting van de systemen andere keuzes op basis van kosten-baten gemaakt kunnen worden.

Vollegrond versus substraat/waterteelt

- Nutriëntenuitspoeling is vele malen lager in teelt de grond uit vergeleken met teelt in de vollegrond als het drainwater gerecirculeerd wordt.
- Op substraat/ water is het mogelijk nauwkeurig te sturen met water en nutriënten. Droogte en nutriënten tekort komen niet meer voor. Dat zorgt voor minder stress in de plant waardoor het waarschijnlijk is dat de plant minder gevoelig is voor ziekten en plagen. Gemeten is dat de groei versneld wordt en er hogere opbrengsten gehaald worden.
- De grond buffert temperatuurswisselingen, systemen boven de grond zullen meer gevoelig zijn voor temperatuurschommelingen.
- Systemen op substraat vragen een andere hoeveelheid en type arbeid dan systemen in de vollegrond.
- Recirculatie is een additioneel aandachtspunt in teelt de grond uit systemen naast aandachtspunten welke in beide systemen gelden, zoals ziekten, plagen rassen, bemesting en smaak.

Door het creatieve proces waarmee teelt de grond uit systemen zijn ontworpen zijn er systemen ontwikkeld die nog niet toegepast werden in bestaande teeltsystemen in Nederland. Hieronder staan de belangrijkste onderzoeksonderwerpen benoemd.

Teelt van ondergronds product op substraat

- *Bollen*

Teelt van een ondergronds product op substraat is nieuw. Met name voor de bollen is het ontwikkelen van teeltsystemen op substraat een hele nieuwe teeltwijze. Ook bij laanbomen en vaste planten is het wortelstelsel een kwaliteitskenmerk. Daarnaast is bij laanbomen ook de kwaliteit van de bovengrondse delen van belang. Belangrijk is de vraag hoe het gewas zich zal gedragen na overplanten in de volle grond.

- *Meerjarige houtige gewassen*

Vernieuwend in teelt de grond uit is de lengte van de teeltduur in containers voor bomen en appels. Bekend is dat veenmengsels goed functioneren voor een beperkt aantal teeltjaren, maar hoe houden de bomen zich in langdurige teelten? Het is bekend dat bomen in containers draaiwortels kunnen gaan ontwikkelen. Als bomen met draaiwortels overgeplant worden in de vollegrond ontwikkelt zich geen goed vertakt wortelstelsel en kunnen ze daardoor op den duur omvallen.

Teelt op water

Verskillende gewasgroepen hebben systemen ontworpen op basis van een waterbassin. Het is een productieve wijze van telen. In een waterbassin wordt geteeld op grote hoeveelheden water.

- *Planten in water*

Belangrijk zijn alle aspecten die een goede overgang/hergroei van plantmateriaal bevorderen bij uitzet naar het plantgoed op water.

- *Beluchting van de wortels in bassin*

Toevoegen van lucht aan de voedingsoplossing heeft positieve effecten op de fysieke productie. Het verrijken van water met lucht kost wel energie. Meer inzicht in de eisen die de plant stelt t.a.v. de zuurstofvoorziening kan een belangrijke bijdrage leveren aan de optimalisatie van de opbrengsten en minimalisatie van de kosten.

- *Ziekteweerbaarheid in water*

In de slateelt worden de eerste paar jaar geen problemen verwacht, maar die zullen na een aantal jaren wel optreden. Er zijn nog geen praktijkrijpe technieken bekend om grote hoeveelheden water te reinigen voor hergebruik. Vraag is hoe wordt er omgegaan met meermalig gebruik van het water?

- *Wortellexudaten*

Wortellexudaten zijn actieve uitgescheiden organische verbindingen. Wortellexudaten in het medium zouden direct (fytotoxische exudaten) of indirect (via stimuleren bacterie- en schimmelgroei) kunnen leiden tot zwakker groeiende en meer ziektegevoelige planten. Onbekend is welke rol wortellexudaten spelen in waterteelten, welke exudaten er door verschillende plantensoorten kunnen worden uitgescheiden en onder welke teeltomstandigheden en hoe ze zich gedragen in het medium.

Grof zand

Nieuw substraat is het gebruik van grof zand in Tdgu gewassen tulp, hyacint zomerbloemen en vaste planten.

Optimale pH en EC van het voedingsmedium/-water

Elk gewas heeft een optimale pH en EC (range) van het voedingsmedium/-water. Deze moeten nog bepaald worden voor Tdgu gewassen.

Hygiëne

Belangrijk aandachtspunt voor de teelt buiten is hygiëne. Opspattende gronddeeltjes en water kunnen bijvoorbeeld nematoden en schimmels bevatten. Een passant kan door langs de systemen lopen en nematoden en schimmels overbrengen van de grond in de systemen.

Ziektevrij telen

Voor ziektevrij telen bovengronds kunnen huidige technieken, die ook in de vollegrond toegepast worden, tevens gebruikt worden voor Tdgu. Zo kan er gebruik gemaakt worden van waarschuwingssystemen, natuurlijke vijanden en schoon plantmateriaal. Voor ziektevrij telen ondergronds spelen andere vragen. De werking van antagonisten in de bodem zal anders zijn dan in substraat en voedingswater. Hoe antagonisten toegepast kunnen worden in substraatsystemen is een onderzoeksvraag voor teelt de grond uit.

Weersextremen

- *Neerslagoverschot*

Neerslagoverschot is een probleem op het moment dat regenwater in de voedingsoplossing kan stromen waardoor de voedingsoplossing verdunt en overstroomt. Als de systemen overstromen zorgt dat voor uitspoeling van nutriënten naar het grondwater. Tevens is er jaarlijks een structureel neerslagoverschot van -

afhankelijk van de regio- tussen de 120 en 440 mm.

- *Winterhardheid boven de grond*

De vollegrond is een goede temperatuurbuffer. Teelt de grond uit vindt plaats in substraat/ water, maar wel buiten. Doordat dergelijke substraatsysteem een minder goede temperatuurbuffer vormen dan de vollegrond zullen de wortels aan hogere temperatuurextremen worden blootgesteld. Vraag is hoe winterhard zijn de planten in de voor dat gewas ontwikkelde Tdgu systemen?

Smaak van teelt op water

De smaak is een belangrijk kwaliteitskenmerk van een product. Deze kan beïnvloed worden door de samenstelling van het voedingsmedium. Tomaat is een voorbeeld waar er in het verleden te weinig aandacht is besteed is aan smaak, wat tot de bijnaam 'Wasserbombe' heeft geleid. Destijds is, door focus op maximale productie, het belang van een goede smaak uit het oog verloren. In teelt de grond uit moet dat worden voorkomen. In Tdgu hebben op dit moment de aardbeien geteeld op het NFT systeem (op water nog een mindere smaak dan de aardbeien die afkomstig zijn van de volle grond.

Houdbaarheid

De houdbaarheid van gewassen geteeld op substraat of water is een aandachtspunt.

1 Inleiding

In delen van Nederland wordt de norm Nitraatrichtlijn voor grondwater niet gehaald. Vooral in gebieden met zandgronden wordt de norm van 50 mg NO₃/l vaak overschreden. Daarnaast wordt binnenkort de Kaderrichtlijn Water (KRW) van kracht waarbij normen voor het oppervlaktewater voor stikstof en fosfor, worden gegeven. De land- en tuinbouw dragen bij aan de overschrijdingen. De Europese Unie heeft Nederland tot 2015 de tijd gegeven om maatregelen te nemen die ervoor moeten zorgen dat aan de regelgeving kan worden voldaan. In 2008 is het project Teelt de grond uit (Tdgu) van start gegaan met als doel nieuwe teeltsystemen te ontwikkelen met geen of met minimale emissie van nutriënten en gewasbeschermingsmiddelen. Het gaat hierbij in feite om systemen los van de ondergrond. Voor de in het project onderzochte gewasgroepen, prei, blauwe bes, appel, bladgewassen, aardbeien, bloembollen, boomteelt, vaste planten en zomerbloemen zijn systemen ontworpen. Daarmee ontstaat er een nieuw type teelt in Nederland. Al bekend was de teelt in de vollegrond, bedekt en onbedekt, en bedekte substraatteelt. De nieuwe teeltwijze onbedekt los van de ondergrond heeft een aantal verschillen en overeenkomsten met bedekte substraatteelt en onbedekte teelt in de vollegrond. In dit rapport worden de verschillen en overeenkomsten tussen de verschillende typen teelten onderzocht met behulp van literatuur en ervaringen uit de gewasgroepen. Het doel is het onderbouwen van de ontwerpprocessen en ondersteuning geven aan de gewascoördinatoren, waarbij de nadruk ligt op de vergelijking met de bedekte substraatteelt. Het rapport resulteert in een overzicht van kennisvragen bij de ontwikkeling van Tdgu systemen.

Het rapport begint met een beschrijving van de ontwikkeling van landbouw en landbouwsystemen, waarin onderscheid gemaakt wordt in de mate van sturing in verschillende soorten teelten. Daarna worden de drijfveren om over te gaan tot Teelt de grond uit systemen uiteengezet. Vervolgens wordt in H3 een beschrijving gegeven van bestaande substraatteelten en nieuwe Tdgu teelten. In H4 wordt een overzicht gegeven van verschillende onderdelen van substraatsystemen en de mogelijkheden van sturing. Beide hoofdstukken zijn geïntegreerd in een kruistabel waarbij de vorm van het systeem en de sturingsmogelijkheden uitgezet worden tegen de verschillende typen teelten. Deze kruistabel geeft informatie over die aspecten van Tdgu systemen waar al informatie over te vinden is (in bestaande substraatsystemen) en aspecten die nieuw zijn, deze verschillen worden uiteengezet in H5. In H6 wordt het hele ontwerp in breder perspectief gezet waarbij duurzaamheidsparameters in het algemeen op een rij zijn gezet.

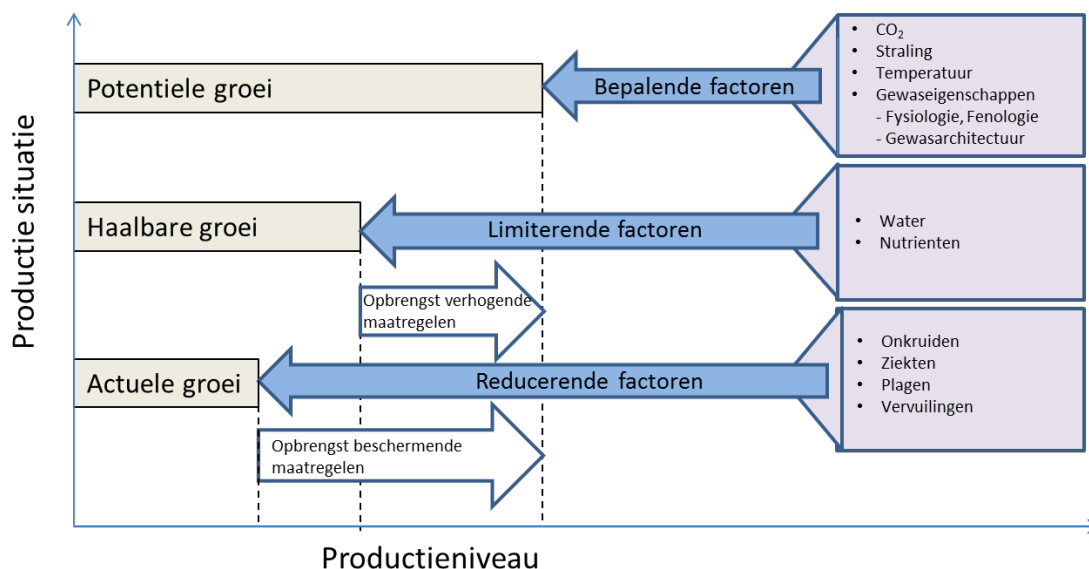
2 Ontwikkeling van de land- en tuinbouw

2.1 Achtergrond teeltwijzen

Rabbinge (1993) onderscheidt voor de landbouw in de volle grond drie productieniveaus:

- Potentiële opbrengst;
- Haalbare opbrengst;
- Werkelijke opbrengst

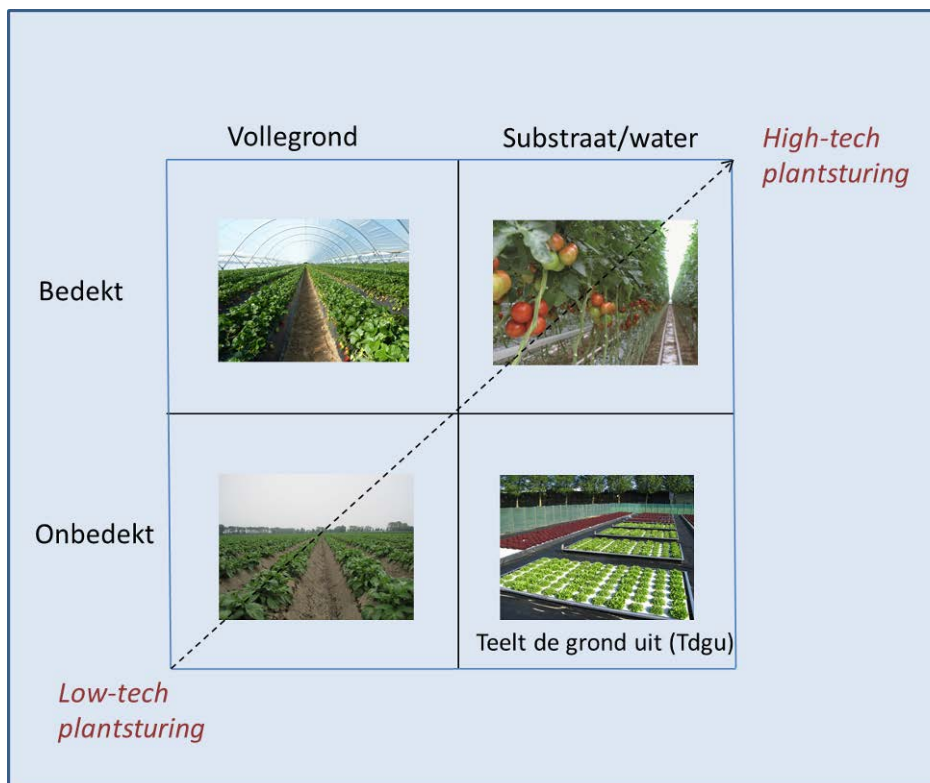
De potentiële opbrengst wordt bepaald door de hoeveelheid straling, temperatuur, CO₂ en gewaseigenschappen. Water en voedingsstoffen zijn in voldoende mate beschikbaar. Ook ziekten en plagen hebben geen negatief effect op de opbrengst. De maximale haalbare opbrengst wordt verkregen als de teler alle teeltomstandigheden die hij kan beïnvloeden optimaal uitvoert ('best practices' scenario). Onder deze omstandigheden zijn de beschikbaarheid van water en voedingsstoffen (met name stikstof en fosfaat) bepalend voor het niveau van de opbrengst. Ziekten en plagen worden effectief bestreden. De werkelijke opbrengst is de productie die wordt behaald naast water en voedingsstoffen ook ziekten, plagen en onkruid de groei limiteren.



Figuur 1. De relatie tussen potentiële, haalbare en actuele groei en bepalende, limiterende en reducerende factoren (Rabbinge, 1993).

In de tuinbouw gaat het veelal om gewassen met een hoge productiewaarde. In de vollegrondstuinbouw probeert men het gewas van voldoende water en nutriënten te voorzien. Onkruiden, ziekten en plagen worden zoveel mogelijk effectief bestreden. Op deze wijze kan het niveau van de maximaal haalbare opbrengst worden benaderd. In de Nederlandse tuinbouw is de stap gemaakt om de teelten te gaan overdekken. Negatieve effecten van het weer, o.a. wateroverlast door hevige regenval en schade door wind, worden op deze manier uitgeschakeld. Uiteraard is dan het toedienen van voldoende water en voedingsstoffen nodig voor het behalen van een goede opbrengst. Beïnvloeding van de temperatuur, hoeveelheid licht en CO₂, maken het mogelijk het potentiële opbrengst niveau te benaderen. Indien de bodemeigenschappen, bijvoorbeeld bodemgebonden ziekten, de opbrengst limiteren kan in substraat of in water worden geteeld. Sturing van de groei door op maat water en voedingsstoffen toe te dienen helpt om de maximaal haalbare opbrengst te behalen in de volle grond. Indien de substraatteelt wordt bedekt dan is het mogelijk alle groeifactoren te sturen.

De verschillen in mate van sturing in de land en tuinbouw wordt schematisch weergegeven in Figuur 2. In de onbedekte tuinbouw in de volle grond is slechts beperkte sturing van de groei mogelijk (Low-tech plantsturing, vak linksonder). Plantsturing kan worden verhoogd door op substraat te gaan telen. Hierdoor kunnen bodem gerelateerde problemen worden opgelost, zoals wateroverlast en bodemziekten. Dat gebeurt in het project Tdgu (vak rechtsonder). Sturing is tevens mogelijk wanneer het gewas wordt bedekt (vak linksboven). Op deze wijze kunnen de omstandigheden, zoals o.a. temperatuur en hoeveelheid CO₂ worden beïnvloed. Ook negatieve effecten van wind worden zo buiten gesloten. Overdekte sla- of chrysantenteelt in de volle grond zijn hier een voorbeeld van. High-tech plantsturing vindt plaats als er bedekt en op substraat of water wordt geteeld. Voorbeelden zijn vruchtgroenten, zoals tomaat en komkommer. In het project 'Teelt de grond uit' worden onbedekte substraat en water teeltsystemen ontwikkeld.



Figuur 2. Schematische weergave van verschillende typen teelten

2.2 Stysteemkeuze Tdgu in relatie tot drijfveren

2.2.1 Drijfveren

De drijfveren voor ondernemers om te schakelen naar een teelt uit de grond systeem zijn: bodem gebonden ziekten, waterkwaliteit, arbeid gerelateerde redenen, mogelijkheden voor sturing van de gewasgroei, productkwaliteit, nieuwe producten, minder emissie, rendementsverbetering. In alle sectoren staat bij ondernemers als belangrijkste doel de rentabiliteit op de eerste plaats. Het belang van de andere drijfveren verschilt per sector. Continue innovatie is noodzakelijk om de concurrentie positie t.o.v. het buitenland te behouden en/of te verbeteren. De overheid heeft als drijfveer te voldoen aan de Europese richtlijnen voor de waterkwaliteit. Met de huidige landbouwpraktijk wordt niet aan de gestelde beleidsdoelen voldaan ten opzichte van emissies van mineralen en gewasbeschermingsmiddelen naar het milieu. Met name zandgronden waar groentegewassen op geteeld worden zijn gevoelig voor uitspoeling. Forse innovaties zijn nodig om aan de KRW te kunnen voldoen. Los van de grond telen voor de open teelten is een methode om dat te bereiken. Het is een uitdaging een systeem te kiezen waarin zowel aan de doelstelling(en) van de ondernemers als aan die van de overheid wordt voldaan. De keuze van de systemen wordt in sterke mate bepaald door het gewenste te telen product. Voor bladgewassen is teelt op water een optie omdat de wortels alleen dienen om het gewas van voldoende water en voedingsstoffen te voorzien. De wortels maken meestal geen onderdeel uit van het te

verhandelen product. Vaste planten zijn een gewas waarbij het wortelstel juist een belangrijk kwaliteitskenmerk is. Bij teelt op water bestaat de kans op het ontstaan van z.g. waterwortels die in een aantal gevallen bij een vervolgteelt in de grond problemen kunnen veroorzaken.

Blok en Vermeulen (2011) beschrijft het verloop van het ontwerpproces zoals dat gedaan is voor de teelt van chrysanten. Bij het ontwerpen wordt een vergelijking gemaakt tussen het huidige systeem en een nieuw systeem. Hiervoor zijn eigenschappen opgesteld waarop het nieuwe systeem beter zou moeten scoren dan het oude systeem met betrekking tot rentabiliteit, emissie, arbeid etc. Welke nieuwe systemen kunnen aan deze nieuwe eisen voldoen? Een aantal alternatieven worden geselecteerd en getest. De eigenschappen van deze systemen worden getoetst aan de opgestelde streefwaarden. In het lopende Tdgu project worden een aantal systemen getest (Tabel 1).

Tabel 1. De verschillende gewasgroepen van het Tdgu project met de belangrijkste knelpunten en de systemen in onderzoek.

Gewasgroep	Knelpunten	Systeem
Bladgroenten	N uitspoeling	Teelt op water
Prei	N uitspoeling	Teelt op water
Bloemkool	N uitspoeling, bodemgebonden ziekten	Teelt op water
Bloembollen	P uitspoeling, bodemgebonden ziekten	Substraat en substraatloos: Teelt op substraatbedden, op water en volveldse teelt met afgedekte ondergrond.
Boomteelt	N uitspoeling, bodemgebonden ziekten, Arbeid(omstandigheden en spreiding)	Teelt in goten, pot-in-pot
Vaste planten en zomerbloemen	N uitspoeling, bodemgebonden ziekten	Substraat en substraatloos: Ingegraven zandbedden met grof zand gevulde bakken Teelt op water
Appel op zandgrond	N uitspoeling, bodemgebonden ziekten	Teelt in gleuven in de grond
Blauwe bes	N uitspoeling	Teelt op bedden
Aardbeien	N uitspoeling, bodemgebonden ziekten	Teelt op voedingsfilm en substraatloos

Bloemkool toevoegen.

2.2.2 Logistiek en arbeid

Werken in de tuinbouw is niet populair en het wordt dan ook steeds lastiger om voldoende goed gemotiveerde werknemers te vinden. Een deel van de werkzaamheden is fysiek zwaar en monotoon. Daarnaast worden in een aantal gewasgroepen werkzaamheden vaak onder slechte weersomstandigheden uitgevoerd. Het gebruik van moderne technieken kan ook helpen het werken in deze sector aantrekkelijker te maken. Tdgu kan aan een aantal van deze problemen oplossen.

Het beter kunnen sturen van de gewasgroei maakt het mogelijk een meer homogeen product te telen. Hierdoor is een betere planning mogelijk en kan ook de logistiek verbeterd worden. Deze zaken gezamenlijk maken het mogelijk de kostprijs te verlagen.

Bij de ontwikkeling van nieuwe systemen wordt waar nodig rekening gehouden met de afmetingen van het al aanwezige machinepark.

2.2.3 Ziekten

In een aantal sectoren is het vanwege bodem gebonden ziekten noodzakelijk regelmatig de grond te ontsmetten of, in het geval van de vruchtbomen, voor iedere teelt verse grond te gebruiken. Enkele

voorbeelden van veel voorkomende bodemziekten zijn:

Phytophthora spp.

Pythium spp.

Verticillium spp.

Pratylenchus penetrans

Meloidogyne hapla

In de volle grond worden de mogelijkheden voor het gebruik van chemische grondontsmetting steeds meer beperkt. In het geval van de vruchtbomen komen door de noodzaak van telen in verse grond de percelen steeds verder van het bedrijf af te liggen. Logistiek vraagt de teelt daardoor meer tijd en de kostprijs gaat omhoog. Voor sommige problemen zijn milieuvriendelijke oplossingen beschikbaar. Zo kan *Pratylenchus penetrans* effectief worden bestreden door tenminste drie maanden een *Tagetes* gewas te telen. Dit betekent wel dat een groeiseizoen, deels of geheel, verloren gaat. Andere mogelijkheden zijn biologische grondontsmetting en biofumigatie. Beide methoden worden nog verder ontwikkeld en berichten over de effectiviteit zijn wisselend. Beide methoden zijn er op gericht om schadelijke organismen te doden. Indien succesvol worden helaas ook nuttige organismen gedood. Voor *Verticillium* is momenteel geen oplossing voorhanden. Het enige dat rest is de teelt van niet-gevoelige gewassen.

3 Verschillende gewasgroepen en teelten

3.1 Bestaande systemen voor teelten uit de grond

In het boek *Soilless culture* (Raviv and Lieth, 2008) wordt de volgende indeling voor de gewassen in de glastuinbouw gehanteerd (Tabel 2). De indeling is gebaseerd op het type substraatteelt dat voor deze 10 gewasgroepen is ontwikkeld. Voor deze gewassen wordt beschreven wat voor substraattypen en watergifmethoden toegepast worden. Ook de sturing verschilt tussen de gewasgroepen. Hieronder worden kenmerken van de gewasgroepen toegelicht, waarbij de nadruk ligt op het teeltsysteem en de sturing van het gewas.

Tabel 2. Indeling van gewassen die in de glastuinbouw worden geteeld (Raviv and Lieth, 2008).

No	Group name	Crops indoor soilless systems
1	Fruiting vegetables	Tomato(truss, cherry, beef, round), sweet pepper, cucumber, melon, aubergine, courgette, French beans, hot pepper
2	Single-harvest leaf vegetables	Butterhead lettuce, iceberg lettuce, kohlrabi, endive, chinese cabbage, other salads
3	Single-harvest vegetables, drilling	Radish, spinach, (medicinal) herbs
4	Other vegetable crops	Strawberry, witloof, asparagus
5	Cut flowers	Rose, carnation, gypsophila, bouvardia
6	Single-harvest cut flowers	Chrysanthemum, aster, lisianthus
7	Flowering bulb, tuber and rootstocks	Freesia, amaryllis, alstroemeria, lily, tulip,iris,hyacinth
8	Other cut-flower crops	Anthurium, gerbera, cymbidium
9	Flowering potted plants	Cyclamen, begonia, saintpaulia, pot chrysanthemum, fuchsia, kalanchoe
10	Foliage potted plants	Ficus, dracaena monstera schefflera, ferns

1. Vruchtgroenten (Fruiting vegetables)

Het type is een druppelsysteem op substraat (in Nederland over het algemeen langwerpige matten van steenwolsubstraat of kokos. Internationaal wordt er ook gewerkt met 20-40 liter potten met los substraat.) Het oogstbaar product is de vrucht. Er wordt per jaar 1 tot 3 keer geplant, afhankelijk van het gewas. Er wordt gestuurd op klimaat, voeding, CO₂ en licht (bedekte teelt). Het rendement is hoog. Het gewas levert veel op en er is mogelijkheid tot het maken van kosten voor sturing. Op gespecialiseerde bedrijven worden van zaad jonge planten geproduceerd op steenwolblokken. Planten worden in december of januari in de productiekas geplant. Vanaf februari maart wordt er geoogst tot november. Komkommer wordt door het jaar heen 3 keer geplant: januari, tussenplanten van nieuwe planten in mei en volledig opnieuw starten in augustus.

2. Bladgewassen geplant (Single harvest leaf vegetables)

Kenmerk van deze groep bladgewassen is dat teelt begint met het planten van jonge, elders opgekweekte planten. Het blad is het oogstbaar product. Over de hele wereld bestaat er een grote variëteit aan type teelten. In Nederland wordt er overdekt en onbedekt geteeld. Bladgewassen hebben kennen een relatief

kortedurende teeltduur (van 3-12 weken). Daarom is het doorgaans niet rendabel om druppelirrigatie of substraat te gebruiken. Veelal wordt er gebruik gemaakt van NFT (nutriënt film techniek) of bedden met DFT (diep flow techniek) of aeroponics (in vochtige omgeving zonder medium). Bladgewassen worden alleen in de winter bijverwarmd (pers comm Jan Janse). In de zomer worden de luchtroosters luchting open gezet. Het kan dan wel 20 °C of meer worden. De luchtvochtigheid wordt gereguleerd. Deze mag niet te hoog worden vanwege het risico op schimmelziekten zoals valse meeldauw. Er wordt een optimum gezocht in de kosten voor het reguleren van het klimaat en de baten van het voorkomen van ziekten. De lengte van het teeltseizoen verschilt zomers en 's winters. In de winter duurt een teelt 3 maanden, in de zomer 3 weken. Sturing met CO₂ is erg belangrijk in de winter. In de zomer gaat de teelt snel genoeg en heeft een toevoeging van CO₂ geen meerwaarde. Er wordt alleen CO₂ toegevoegd als de kachels branden. In sommige gevallen wordt er bij gestookt. Bijlichten van de teelt wordt niet gedaan, dat is veel te duur. Er wordt niet gestuurd met daglengte.

3. Bladgewassen gezaaid (Single harvest vegetables, drilling)

Kenmerk van deze groep bladgewassen is dat ze gezaaid worden in het teeltsysteem. Oogstbaar product is het blad (bijvoorbeeld spinazie, rucola, pluksla, veldsla, of kruiden). Deze gewassen worden in de vollegrond geteeld.

4. Overige groentegewassen (Other vegetable crops)

Voorbeelden van overige groentegewassen zijn aardbei, witlof en asperge. Aardbeien worden geplant en de vrucht wordt geoogst. Er zijn veel verschillende teeltsystemen, vollegrondsteelt, kasteelt, teelt op verhoogde bedden of substraatteelt (zoals stellingenteelt). Hierdoor kunnen aardbeien jaarrond geteeld worden. De laatste jaren is de aardbeiprijs redelijk geweest, waardoor er ruimte blijft voor vernieuwingen op de bedrijven.

Een ander voorbeeld is witlofteelt. De witlof wordt eerst in de vollegrond geteeld, de penwortels worden geoogst en op waterteelt gezet waaruit in het donker via etioleringsgroei de witlof groeit. Een 3.5 cm waterlaag stroomt van hoog naar laag langs de wortels. De oogst is na ongeveer 3 weken. De teelt is jaarrond.

Asperge is op dit moment een vollegrondsteelt. Er is geëxperimenteerd met teelt op water maar dat heeft niet tot rendabele systemen geleid. Voordeel zou een jaarronde teelt zijn.

5. Snijbloemen (cut flowers)

Typische snijbloemen zijn gewassen waar gedurende enkele maanden of jaren regelmatig bloemen van worden geoogst, bijvoorbeeld roos. De teelt gebeurt meestal op matten van steenwol of kokos met druppelirrigatie. Niet voor alle gewassen is substraatteelt economisch haalbaar. Bij roos was substraatteelt haalbaar omdat de productiesnelheid omhoog ging en er minder zieke en dode planten tussen zaten.

Systemen werden doorontwikkeld wat tot goedkopere productie heeft geleid.

Er wordt gestuurd met temperatuur door verwarmen, luchten en koelen (Nieves Garcia, Wageningen UR Glastuinbouw, pers. mededeling). In roos wordt belicht met lampen om de fotosynthese te stimuleren. Ook wordt er om de fotosynthese te stimuleren CO₂ toegediend afkomstig uit de warmtekrachtkoppeling (WKK). Soms wordt er zuivere CO₂ toegediend. Er worden dan gasflessen aangeschaft, maar het kan ook via een leiding uit industriële processen. De relatieve luchtvochtigheid (RV) wordt gereguleerd met verneveling en beluchting. Er worden in de teelt geen plantengroeieregulatoren gebruikt voor het sturen van de plantontwikkeling. Die zijn bij deze gewassen alleen toegestaan in de vermeerdering.

6. Snijbloemen eenmalige oogst (single harvest cut flowers)

Deze teelt is grondgebonden. Ondanks herhaalde pogingen worden de eenmalig oogstbare gewassen niet op substraat geteeld. Substraatteelt biedt de mogelijkheden van minder ziektedruk en hogere productie, maar er is nog geen economisch rendabel systeem ontwikkeld. In de chrysantenteelt zijn er 5 teeltronden per jaar. De teelt start met bewortelde stekken op perspotten. De stek wordt uitgeplant en staat 12-15 dagen in verlengde daglengte (kunstlicht). Na deze fase wordt de bloei geforceerd door daglengteverkortung. Dagen van 12,5 uur veroorzaken bloei inductie. Afhankelijk van het ras duurt het vervolgens 45 – 60 dagen voordat de bloem geoogst kan worden.

In de Lysianthus teelt zijn er 4 teeltronden per jaar. De plant wordt beworteld op gespecialiseerde bedrijven. Dit duurt ongeveer 12 weken. De planten worden dan overgezet in de kas, waar na 12 weken een oogstbaar product staat. De teelt is zeer energie-intensief omdat de grond na elke teeltronde gestoomd moet worden.

7. Bloembollen en Bbolbloemen (flowering bulb, tuber and rootstocks)

Voorbeeldgewassen zijn tulp, iris en hyacint. Bollen worden in de volle grond geteeld en uit de grond in bloei getrokken, het z.g. broeien. Bij de broei moeten Het moeilijkste is om de bollen in de goede positie worden te gehouden, wortel onder, bloem boven. Veel jaren testen en verbeteren zijn hier aan te pas gekomen. Nu zijn er twee soorten van systemen in gebruik. 1) broei op potgrond en 2) waterbroei. In de waterbroei kan nog onderscheid gemaakt worden tussen stilstaand water en eb/vloed. containers soortgelijk aan witlof waarbij de bollen in gaten hangen, 2) pinnen waar de bollen opgezet worden. Water wordt toegevoegd via in-line drip irrigatie. Recent onderzoek wijst uit dat de beste systemen opgezet bereikt werden met NFT en eb en vloed omdat in stilstaand water de zuurstofvoorziening waarschijnlijk te laag is. De temperatuur is tussen de 16 en 21 °C.

8. Andere snijbloemen

Potplanten die geteeld worden voor de bloem, zoals de Anthurium en Cymbidium. Teelt vindt plaats op 20-40 liter potten met kokos of perliet met druppelirrigatie. Een Cymbidiumplant kan 10-15 jaar lang in productie zijn. De plant wordt na ongeveer 5 jaar overgeplant van het kokosmedium waarin begonnen wordt naar een grotere pot met perliet of opnieuw kokos.

9. Bloeiende potplanten (flowering potted plants)

De teelt van potplanten vindt plaats op tafels of op cementen vloeren met een eb en vloed watergeefstelsel. Dit wil zeggen van eens per twee dagen tot maximaal 2 keer per dag een periode van vloed waar het substraat in de pot zich kan volzuigen met voedingsoplossing. De grootte van de potten met substraat (potgrond, kokos, veen) is afhankelijk van de plantmaat die afgeleverd moet worden. De sturing vindt plaats met temperatuur, licht en CO₂. De voeding is een redelijk algemeen schema dat voor meerdere gewassen voldoende groei biedt. Alle fasen van potplanten lenen zich voor automatisering. Van het vullen van potten, tot planten, kwaliteitsbeoordeling en inpakken. Automatisering is met name rendabel voor bloeiende potplanten omdat die het meeste arbeid vragen.

Een alternatieve teelt is die van Phalaenopsis, waar planten in zeer grof substraat (bv. schors) op roosters staan. Het gewas wordt beregend. Vanwege problemen met de emissie van nutriënten wordt er gezocht naar mogelijkheden voor recirculatie. De klimaatsturing is gericht op uniform in bloei krijgen van de planten. In de teelt worden daarom meerdere fasen onderscheiden die elk een andere klimaatinstelling vraagt.

10. Blad potplanten (foliage potted plants)

Deze gewasgroep wordt geteeld in fijn substraat (potgrond, kokos) zoals de bloeiende potplanten, of op Hydro korrels. In het laatste systeem, vooral gebruikt voor tropische planten zoals Dracaena's, worden de planten na aankomst vanuit de tropen ontdaan van de grond en overgezet op kleikorrels. Onder hoge RV en lage lichtinstraling worden nieuwe wortels gevormd om te kunnen groeien op het kleikorrelmedium. De planten staan op een continu laagje water. Regelmatig wordt het water rondgepompt.

3.2 Nieuwe systemen onbedekte teelt uit de grond

In het project Teelt de grond uit worden verschillende systemen ontworpen voor acht verschillende gewassen of gewasgroepen. Hieronder worden de systemen toegelicht.

Tabel 3 Indeling van gewassen die in Tdgu worden geteeld.

Nr	Gewasgroep	Gewassen
A	Bollen	Lelie/ hyacint
B	Fruit	Appel, blauwe bes
C	Bomen	Laanbomen, coniferen
D	Zomerbloemen en vaste planten	Delphinium e.a.
E	Vollegroondsgroente	Bladgewassen, prei, bloemkool/broccoli, aardbei
F	Bloemisterij onder glas	Chrysanten

a) Bollen



De bloembollen worden geteeld voor het ondergrondse product. Teelt op substraat is volledig nieuw voor de bloembollen en daarom is het onderzoek bij de basis begonnen.

Teelt uit de grond biedt een oplossing voor de bollenteelt, waar de ziektedruk in de bodem hoog is en de toegestane bemesting niet voldoet aan de gewasbehoefte. Verschillende substraat en watergeef systemen werden getest in het begin van het project. In 2011 is het onderzoek voortgezet met 3 systemen. Namelijk 1. substraatbedden voor hyacinten en lelies, waarin diverse substraten en een drietal teeltlaagdiktes (10, 20 en 30 cm) worden getest. De substraten zijn duinzand (bollenzand), grof zand (rivierzand), kokos+veen ("Zantedeschiagrond")

kokos+polyfenylschuimblokjes (synthetische veenvervanger) en kokos+vulcagrow (natuurlijke veenvervanger van vulkanische herkomst).

2. teelt op gangbaar systeem (volvelds) met teeltlaag van 40 cm, waarbij de ondergrond is afgedekt met folie en water wordt opgevangen.

3. waterteelt voor hyacint. Teelt vindt plaats op drijvende bakken waarin de hyacinten worden vastgehouden door kleikorrels.

a) Fruit

b.1 Blauwe bes



Blauwe bes is een onbedekte vollegrondsteelt, deels bedekte en onbedekte substraatteelt in containers. Het oogstbaar product zijn de bessen. De teeltduur is 1 oogst per jaar. De levensduur van het gewas in onbedekte vollegrondsteelt is 20 jaar, in bedekte teelt bedraagt gemiddelde levensduur 6 jaar (Heijerman-Peppelman and Roelofs, 2010). Het land van origine is voornamelijk Noord Amerika. De motivatie voor teelt de grond uit is verhoging productie, betere spreiding en sturing productie en oogstvenster. Het rendement is sneller in productie komen van nieuwe aanplant, verhoging productie en kwaliteit. De blauwe bes vereist een lichte, zure grond met goede luchtdoorluchting. Vanwege de ondiepe beworteling is een goede vochtvoorziening noodzakelijk. Het uitgangsmateriaal voor de teelt bestaat uit twee- of driejarige struiken die in vollegrond of containers worden geplant. De plantafstand bedraagt afhankelijk van mechanisatie en snoeiwijze van 2 tot 2,5 m tussen de rijen en van 0,8 tot 1,25 m in de rij. Vruchtzetting van blauwe bes vindt plaats na zelf- of kruisbestuiving. Kruisbestuiving verdient de voorkeur, omdat dit grotere bessen oplevert. Hiertoe volstaat het om de drie tot vier rijen planten van een rij met een geschikt ras voor de bestuiving. Een andere mogelijkheid is om in de rij iedere derde of vierde plant een bestuiver te planten, maar dit maakt het lastiger om bij het oogsten vermenging van de verschillende rassen te vermijden. Bestuiving vindt plaats door insecten en kan worden gestimuleerd door het plaatsen van bijenkasten of hommelfolken. Door spreiding in raskeuze is oogstspreading mogelijk tussen eind juni en september. Vervroeging van de oogst is mogelijk door teelt in tunnelkassen. Bessen kunnen zowel mechanisch als met de hand worden geoogst. Een uitgebreidere beschrijving van de teelt van blauw bessen is gepubliceerd door Dijkstra (1991).

b.2 Appel



De appelteelt is een onbedekte vollegrondsteelt. Het oogstbaar product zijn de vruchten. De teeltduur is 1 oogst per jaar. De levensduur van een appelboom in een commerciële boomgaard is ca. 12 jaar (Heijerman-Peppelman and Roelofs, 2010). De regio van origine is Azië. Huidige in Nederland geteelde rassen zijn vooral afkomstig van veredelingsprogramma's in West-Europa. Het meest aangeplante ras Elstar, is een in Nederland ontwikkeld ras door het CPRO in Wageningen (thans Plant Research International). De motivatie voor teelt de grond uit is de mogelijkheid om appels te blijven telen op zandgrond op het moment dat middelen voor chemische grondontsmetting niet meer toegelaten zijn. Daarnaast biedt Tdgu ook mogelijkheden tot het verminderen van de arbeidsbehoefte voor snoei en oogst door betere groei-beheersing en het gelijkmatiger rijpen van de appels. Het plantmateriaal voor een moderne appelboomgaard bestaat uit goed vertakte tweejarige bomen veredeld op een zwakgroeiende onderstam. Het gebruik van zwakgroeiende onderstammen beperkt het boomvolume en zorgt voor het vroeg in productie komen van de boomgaard. Vanaf het tweede seizoen in de boomgaard is een eerste oogst mogelijk. Beheersing van scheutgroei en vruchtdracht is van groot belang voor het verkrijgen van een regelmatige productie en het vermijden van beurtjaren. Tegenwoordig wordt vrijwel altijd in enkele rijen geplant, waarbij afhankelijk van de groeikracht van het ras en snoeiwijze een

afstand van 3 tot 3,25 tussen de rijen en 0.8 tot 1,25 meter in de rij wordt gehanteerd. Afhankelijk van het ras vindt de oogst in Nederland plaats vanaf augustus tot en met oktober. Uitgebreide teelthandelingen voor recent geïntroduceerde rassen als Junami, Rubens en Junami staan beschreven op www.inovafruit.nl/pagina/Teelt/1004/nl/.

b) Bomen



In de boomteelt wordt al sinds de jaren 70 pot- en containerteelt toegepast. Van het totale boomteelt areaal bedraagt het aandeel ongeveer 10% pot- en containerteelt. De belangrijkste gewassen zijn sierheesters, coniferen, vaste planten en rozen. Laanbomen werden nog niet in eerdere in containers geteeld. In het project Tdgu wordt er onderzoek gedaan naar teelt van laanbomen, sierheesters en coniferen in goten en containers. Voordelen van substraatteelt is geen last van bodemgebonden ziekten en plagen, betere arbeidsomstandigheden, betere arbeidsspreiding, goede sturing van groei, efficiënt water- en nutriëntengebruik, teeltverkorting, afzet jaarrond, betere aanslag, nieuwe producten en minder uitspoeling van nutriënten en gewasbeschermingsmiddelen. De emissie van nutriënten en gewasbeschermingsmiddelen kan geminimaliseerd worden door recirculatie van het drainagewater. Een belangrijk bezwaar van kwekers is de mogelijkheid tot verspreiding van ziekten bij hergebruik van water. Andere belangrijke vragen zijn: de winterhardheid van meerjarige gewassen in Tdgu systemen. In de goten staan vruchtbomen die de winter (2010-2011) zijn blijven staan (tweejarige teelt). Hoe de bomen de winter hebben doorstaan zal in de loop van het seizoen duidelijk worden. Hetzelfde geldt voor de tweejarige teelt van laanbomen in containers. Belangrijk voor de sector is een economische rendabele teelt van hoge kwaliteit.

c) Zomerbloemen en vaste planten



Zomerbloemen worden geteeld voor het bovengrondse deel. Voor vaste planten wordt de wortel vermarkt. De stikstof- en fosfaat behoefte is van zowel vaste planten en zomerbloemen is hoog. Terwijl de kans op uitspoeling op zandgrond, m.n. op duinzand, ook groot is. Tdgu biedt mogelijkheden voor bemesting op maat met minimale emissie. Daarnaast wordt een oplossing geboden voor bodemgebonden ziekten en plagen en emissie van gewasbeschermingsmiddelen. Er worden drie verschillende systemen getest: 1) waterteelt in een systeem met aangepaste teeltsystematiek; 2), teelt van vaste planten in ingegraven zandbedden; 3) teelt van

zomerbloemen in grote bakken in grof zand, soortgelijk als gebruikt voor de broei van bloembollen.

d) Vollegrondsgroenten

e1. Prei



Er zijn in de vollegrond per perceel twee teelten per jaar mogelijk, op stellingen wel drie à vier. Preiteelt op zand is een van de teelten waar de nitraatnorm fors overschreden wordt, wat voor prei de belangrijkste reden is om te zoeken naar nieuwe teeltsystemen. Ook qua gewasbescherming wordt de wettelijke norm niet gehaald. De teelt van prei in de vollegrond heeft veel water nodig. Gebruik van water uit de bron/ of het oppervlaktewater wordt in sommige gebieden door provincies en/of waterschappen aan banden gelegd. Bovendien is het water in sommige gebieden te zout- of ijzerhoudend waardoor de kwaliteit onvoldoende is voor beregening. Ondanks deze knelpunten hebben telers zelf nog weinig drang tot product vernieuwing. Het

rendement in prei is laag en er is weinig ruimte voor investering. Prei op stellingen in onderzoek wordt geteeld in een waterbak met een drijvende systeem. Op het drijvend systeem groeit de prei in buisjes om een gedeelte witte stengel te realiseren. De prei staat in de buis met de wortels in het water. Door een optimale groei door sturing met water en nutriënten zijn vier teelten per jaar mogelijk in vergelijking met de vollegrond. De dichtheid van de teelt is vijf maal hoger tot 80 à 100 planten/m².

e2. Bladgewassen



De volgende gewassen vallen onder de groep bladgewassen: andijvie, Chinese kool, knolvenkel, (lamsoor), radicchio, rucola, selderij, sla, spinazie en veldsla. Deze gewassen kenmerken zich door de oogst van het blad. In de vollegrond zijn drie teelten per jaar mogelijk, in grondloze teelt kan dat aantal verhoogd worden. De teelt van sla is een drijvende teelt. De planten hangen met de wortels in een drijver in een voedingsoplossing. In de huidige teelt wordt de norm voor nutriënten uitspoeling overschreden. Motivatie voor teelt de grond uit zijn de mogelijkheden tot productieverhogingen en het verder mechaniseren en automatiseren waardoor besparing op arbeid kan

plaatsvinden en mogelijk het verlengen van de productieperiode (vervroegen en verlaten). Dit zorgt voor een goede concurrentiepositie met de teelt uit de kas in de winter en draagt zorg voor kostprijsverlaging van het hele systeem. De prijzen van het gangbare product staan onder druk. Om meerwaarde te kunnen realiseren is het belangrijk om met een nieuw product op de markt te komen.

e3. Bloemkool/broccoli

Voor bloemkool en broccoli wordt net als voor prei en bladgewassen de nitraatrichtlijn niet gehaald. In het project teelt de grond uit wordt er geteeld in waterbassins. Mogelijke voordelen zijn meer teelten per jaar (het streven is drie), en mogelijkheden tot mechanisatie en een constantere kwaliteit.

e4. Aardbei



Aardbeien kunnen op verschillende manieren worden geteeld: traditionele vollegrondsteelt, kasteelt, teelt op verhoogde bedden en geheel uit de grond teelt op stellingen. Door de verschillende typen teelten is jaarrond productie mogelijk. Voor de teelt van aardbei is veel water nodig en de gebruikte gewasbescherming belast het milieu. Uitspoelingsrisico's bij aardbei zijn groot vanwege geringe opname door het gewas en teelt op uitspoelingsgevoelige gronden. Minimale nutriënten uitspoeling is de belangrijkste reden voor de ontwikkeling van Tdgu systemen in dit project wat alleen mogelijk is als water gerecicleerd wordt. De praktijk is echter angstig om water te recirculeren vanwege de kans op

besmettingsgevaar van *Phytophthora*-soorten. In het project teelt de grond uit worden aardbeien op stellingen geteeld waarbij het water gerecirculeerd wordt. Er wordt onderzoek gedaan naar de verspreiding van *Phytophthora*. De volgende teeltsystemen worden vergeleken:

- NFT (Nutriënt Film techniek) controle object
- NFT + Paraat (middel tegen *Phytophthora*)
- NFT + langzaam zandfilter
- Teelt op veensubstraat + Paraat

Een goede beheersing van *Phytophthora* is noodzakelijk voor implementatie in de praktijk.

e) Bloemisterij onder glas



Het onderzoek aan chrysanten richt zich op zowel zandbedden (als mid-technisch alternatief) als substraatloze systemen of substraatarme systemen (als hoog-technisch alternatief) om tot emissievrije teelt te komen. Het zandbed is ontwikkeld als 15 cm laag van grof zand waar reguliere perpotten in gezet worden (zie foto). Om de teelt te versnellen en meer praktijkrobust te maken, is het systeem herontworpen voor het gebruik van direct stek (stekken die 3 dagen op water hebben gestaan om beginnende wortel te maken worden direct in het zand gestoken) en een zandlaag van 25 cm waar een vast waterniveau in staat van 15-20 onder het maaiveld. Het onderzoek is gericht op het

laten zien van rentabiliteit. Hiertoe zal het systeem 15% meer verhandelbare bloemen moeten produceren dan de reguliere grondteelt.

De hoog technische systemen zijn: cassettebed (smalle repen van 3 cm breed en 13 cm hoog met substraat en eb/vloed of druppelbevloeiing), druivende systemen vergelijkbaar aan de bladgewassen en wortelsproeisystemen. Voor deze systemen is aangetoond dat het teeltkundige principe van betere voedingssturing leidt tot sterk verhoogde gewasgroei. Het onderzoek is nu gericht om de nodige 30% meerproductie te behalen om de systemen ook daadwerkelijk rendabel te maken.

4 Sturen van de gewasgroei

4.1 Opstelling

4.1.1 Substraatkeuze

De samenstelling van een substraat bepaalt in sterke mate de fysische kwaliteit, zoals het vermogen om vocht en voedingsstoffen te vast te houden en te leveren. De meeste substraten bestaan uit een mengsel van verschillende soorten veen, boomschors, kokosgruis, kokosvezel, steenwol, compost en perliet.

Bij de keuze van het substraat speelt uiteraard het te telen gewas een rol maar ook de wijze en frequentie van watergeven.

Waar moet een substraat aan voldoen?

- Geen effect op de pH van de voedingsoplossing
- Vochtvasthoudend vermogen
- Goede verhouding tussen de hoeveelheid lucht en water
- Vermogen om voedingsstoffen vast te houden en uit te wisselen
- Stabiel

Enkele voorbeelden van in de praktijk gebruikte substraten zijn:

Steenwol

Steenwol voldoet aan de meeste eisen voor een goed substraat zoals geen effect op de pH van de voedingsoplossing en vochtvasthoudend vermogen. Een belangrijk nadeel is het afvalprobleem.

Kleikorrels

Kleikorrels zijn er verschillende maten variërend van 2 – 24 mm. De kleiner korrels hebben een capillaire werking en de grotere korrels draineren juist snel. Hergebruik is mogelijk. Kleikorrels kunnen puur gebruikt worden of worden gemengd met andere substraten.

Kokosvezel

Kokosvezel is geïntroduceerd als vervanger van steenwol. Het vochtvasthoudend vermogen is afhankelijk van de vorm van de vezels. Belangrijke eigenschappen waarop gelet moet worden zijn het zoutgehalte van de vezels en het effect op het luchtgehalte en drainage van het substraat. Deze laatste twee eigenschappen veranderen bij langer gebruik. Een speciaal aandachtspunt zijn de arbeidsomstandigheden waaronder de kokosvezel is geproduceerd. Een belangrijke aandachtspunt is hierbij de mogelijke kinderarbeid.

Perliet

Perliet wordt gemaakt van vulkanisch gesteente. Veelal wordt het gemengd met andere materialen. Perliet verbetert de aeratie en drainage van het substraat. De afbraaksnelheid is zeer laag.

Vermiculiet

Vermiculiet heeft een zeer hoog vocht- en nutriëntenbindend vermogen. Veelal wordt dit materiaal gemengd met andere materialen.

Veen

Veen is ontstaan uit planten. De herkomst en de wijze van winning bepalen in sterke mate de eigenschappen. Belangrijke eigenschappen zijn: vochtvasthoudend vermogen, de snelheid waarmee water wordt opgenomen, aeratie, drainage, verwerkbaarheid en stabiliteit. Veensubstraat bestaat veelal uit een mengsel van verschillende soorten veen waar al dan niet andere materialen aan zijn toegevoegd. Doel van deze toevoegingen is voor een bepaalde teelt de gewenste specifieke omstandigheden te creëren. Bekende toevoegingen zijn: boomschors, perliet, klei(korrels), puimsteen, compost etc. Het gebruik van veen staat onder druk vanwege de eindigheid van deze grondstof.

4.1.2 Watergifttype

Druppelirrigatie

Druppelirrigatie is een vaak toegepaste vorm van irrigatie. Per plant of per oppervlakte-eenheid worden één of meerdere 'prikkers' geplaatst. Een andere uitvoering is een 'inline' slang waar drukgeregelde gaatjes een uniform afgiftep patroon geven. De systemen zijn er op gericht dat er in de slang een druk wordt opgebouwd, zodat pas als er op elke druppelaar gelijke druk staat water bij de plant komt. Op die manier krijgen alle planten gelijk water. Het systeem is erg gevoelig voor verstopping van de gaatjes of prikkers. In substraatteelten wordt daarom gewerkt met filters en wordt de afgifte regelmatig gecontroleerd. In de open teelt zijn de knelpunten met ongelijke gift groter door weersinvloeden en verstopping met gronddeeltjes.

Overhead/sproei/beregening

Grondgebonden gewassen met eenmalige oogst maken veelal gebruik van overhead beregening. In de kas worden sproei installaties gebruikt.

Bassin

In de literatuur wordt dit deep flow techniek genoemd. De planten drijven boven of in een vijver van enkele centimeters tot decimeters diep. Het hele wortelstelsel hangt in het water, of een houder zorgt ervoor dat de plantbasis boven het water blijft. Dit systeem wordt in Nederland nog niet in de praktijk toegepast, maar lijkt kansrijk voor eenmalig oogstbare gewassen zoals sla, zomerbloemen en chrysant.

NFT lengte

Nutrient Film Techniek is een watergeefstelsel waar de wortels van planten -die opgekweekt zijn in een medium en met dit medium in de goot werden geplaatst- substraatloos in een film van stromend water hangen of staan (1-3 cm diep). Het systeem wordt veelal uitgevoerd in een goot van 15 cm breed met een deksel met plantgaten er boven. In de plantgaten kunnen (plastic) planthouders gehangen worden. De planten worden veelal op een klein substraatvolume gekweekt en dan in het systeem gehangen. Het substraat hangt dan in het water, terwijl de wortels uit het bakje in de goot groeien. Het systeem wordt veel toegepast buiten Nederland voor sla en andere bladgewassen. Een nadeel van NFT is dat de laatste plant een ander voedingsregime en zuurstofgehalte in het water aangeboden krijgt dan de eerste. Er ontstaat hierdoor oneffenheid. Veelal zijn de planten achter in de goot gevoeliger voor ziekte. Het alternatief daarvoor is de dwarse NFT.

NFT dwars

Bij dwars NFT wordt een inline slang met drukgereguleerde druppelgaatjes over de lengte van de teeltgoot gelegd. In de breedte wordt een plaat op afschot gelegd. Het water stroomt daardoor over het afschot dwars op de goot naar beneden. Om geen straatjes water over de goot te krijgen wordt een dun fliesdoek aangebracht. De planten worden op dit vliesdoek geplant als naakt stek of als plantplug. Het water wordt aan de andere kant van de goot in een drainkanaal opgevangen en weer teruggeleid door een afschot in lengterichting

Eb-vloed

Dit systeem wordt toegepast voor potplanten. De planten worden op een tafel of op een betonnen vloer geplaatst. Met regelmaat wordt een laag van 2-3 cm water opgezet. Het substraat kan zich hierdoor volzuigen met vers water. In het geval van teelt op kleikorrels wordt er een continue laag water aangebracht.

Waterkwaliteit

De beschikbaarheid van kwalitatief goed water is in sommige regio's in droge perioden nu al een probleem. De verwachting is dit probleem in de toekomst zal verergeren. De meeste tuinbouwgewassen zijn gevoelig voor de kwaliteit van het gietwater. Met name de zouttolerantie van veel gewassen is laag. In Tabel 4 staan de kwaliteitsnormen zoals die voor boomkwekerijgewassen zijn ontwikkeld.

In recirculerende systemen kan door menging van de verschillende waterstromen de gewenste waterkwaliteit worden nagestreefd.

Tabel 4. Chemische kwaliteitsnormen voor het gietwater voor teeltsystemen in de boomkwekerij (Aendekerck,).

Kwaliteitsklasse	1	2	3
Toepassing, systeem	Vermeerdering Recirculerend	Recirculerend en teelt in pot	Vollegronds teelt
Gewasgevoeligheid	Zeer zoutgevoelig gewas	Zoutgevoelig gewas	Weinig zoutgevoelig gewas
pH water	6,5 – 7,5	6,5 – 8,5	6,5 – 8,5
EC-waarde mS/cm	< 0,5	< 0,8	< 1,2
Cl mmol / l	< 1,0	< 2,5	< 5,0
Na	< 0,5	< 2,5	< 5,0
HCO ₃	< 1,0	< 2,0	< 4,0
SO ₄	< 1,0	< 1,5	< 2,5
Zn micromol / l	< 3,0	< 5,0	< 10
Mn	< 5,0	< 10	< 20
B l	< 15	< 20	< 40
Cu	< 20	< 30	< 50
Fe			
-Waternevel, ` dakbesproeiing	< 4,0	< 4,0	< 4,0
-Druppelbevloeiing	< 10	< 10	< 10
-Gewas bladhoudend	< 50	< 50	< 100
-Gewas bladverliezend	< 100	< 100	< 200

4.2 Basis sturing

4.2.1 Goede groei ondergronds

De groei ondergronds wordt bepaald door de behoefte aan vochtaanvoer in relatie tot de hoeveelheid beschikbaar vocht en voeding in het substraat. De frequentie van voedingsgift heeft grote invloed op het minimaal noodzakelijke volume wortels voor groei; bij hogere frequentie kan er met een kleiner wortelvolume goede groei verkregen worden (Vermeulen, 2009). Daarbij kan met goede vochtvoorziening gestuurd worden op een grotere spruit/wortelverhouding (Aat van Winkel, Wageningen UR Glastuinbouw, pers. mededeling). Tenslotte is verversing van de voedingsoplossing belangrijk om de vloeistof die zich al langere tijd rond de wortels bevindt te vervangen met een nieuwe, afgestemde mix van nutriënten (Visser et al., 2010). Dit kan gebeuren door de vloeistof met de zwaartekracht mee door het substraat te laten lopen en drain toe te laten. In proeven met cassettes (smalle goot van 3 cm breed en 10-15 cm hoog) bleek watergift via druppelen 5-10% meer groei te geven dan bij eb-vloed behandeling (Visser et al., 2010).

Gegeven goede vochtvoorziening is zuurstof bij de wortels noodzakelijk voor de groei en activiteit van wortels. In de regel wordt hier minimaal 10% luchtgevulde poriën volume aangehouden als ondergrens (Blok and Vermeulen, 2011).

Wortelontwikkeling is gevoelig voor fluctuaties in verdamping. Vooral snoei van bovengrondse delen gaat gepaard met (sterke) afname van de vochtvraag, waardoor wortels minder actief worden en afsterven. Deze afsterving kan een cascade van ziekten tot gevolg hebben. In mindere mate kan dit ook spelen bij sterke weersfluctuaties, bijv. van zonnig weer naar bewolkte dagen. Ook in de periode voor het afrijpen van de bloemen lijken planten gevoelig te zijn voor suboptimale condities voor de wortels (te hoge temperatuur of te weinig zuurstof).

4.2.2 Sturen op water en nutriënten

In de substraatteelt worden water en nutriënten veelal tegelijk toegediend. Een gecontroleerde gift van water en nutriënten, de juiste hoeveelheden op het juiste moment, vormt een essentieel onderdeel van de sturing van de gewasontwikkeling. Echter, water en de verschillende nutriënten worden door het gewas niet in gelijke mate opgenomen. Voor een gerichte sturing van de gewasontwikkeling is het nodig om bij bepaalde teelten de

beschikbaarheid van water en nutriëntensamenstelling van de voedingsoplossing onafhankelijk van elkaar te kunnen reguleren.

De waterbehoefte van een gewas wordt bepaald door de hoeveelheid water die de planten gebruiken voor hun verdamping en de mate van gereguleerde droogtestress die nodig is om de gewasontwikkeling bij sommige gewassen te sturen. Om de watergift goed te kunnen sturen is inzicht nodig in de hoeveelheid water die het gewas nodig heeft voor de verdamping en de mate van beschikbaarheid van water in het substraat die gewenst is. Dit betekent dat aan de ene kant de verdampingsbehoefte van het gewas moet kunnen worden ingeschat op basis van plantparameters als bladoppervlakte en omgevingsfactoren als instraling, temperatuur, luchtvochtigheid en wind. Aan de andere kant is ook continu informatie nodig over het vocht- en nutriëntengehalte van het substraat.

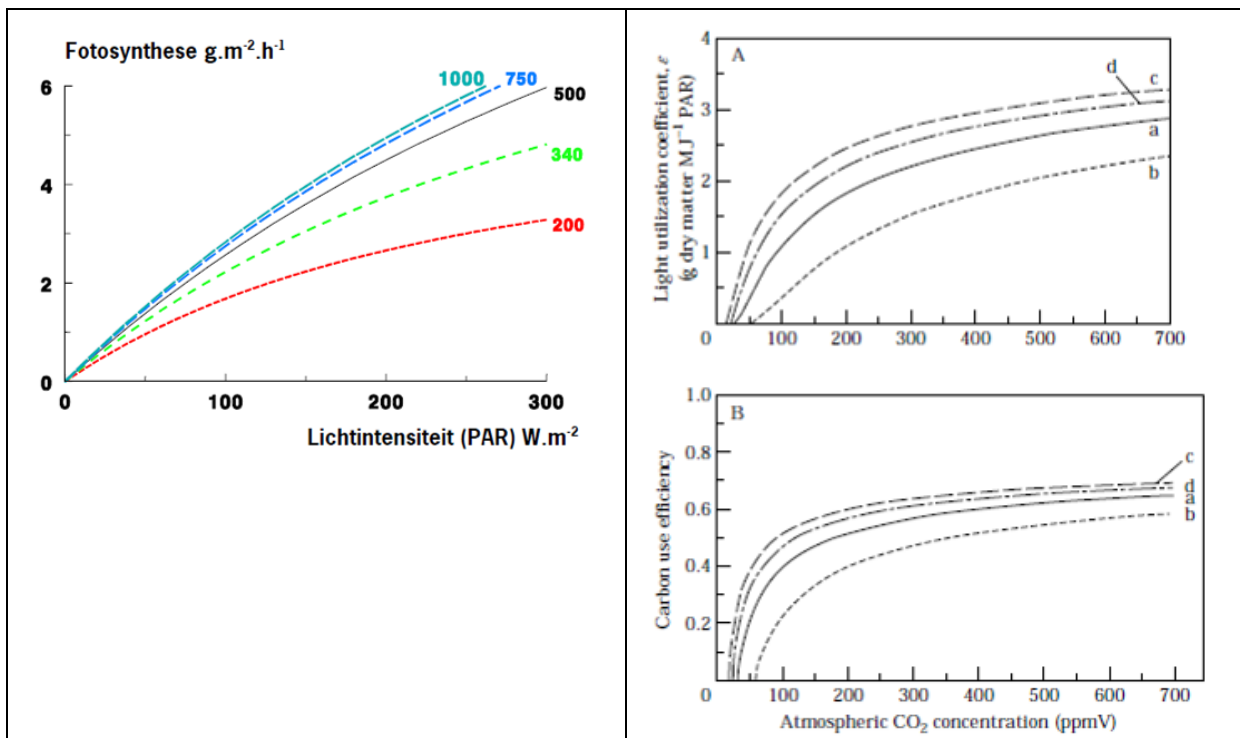
De optimale strategie voor water- en nutriëntengift hangt af van het substraat waarin wordt geteeld en van het gewas dat wordt geteeld. Gewassen die in hun geheel worden verhandeld en waarbij het belangrijk is om in een zo kort mogelijke tijd een zo groot mogelijke plant te produceren zullen over het algemeen een andere water- en nutriëntengift vereisen dan fruitgewassen waarbij een specifieke balans tussen scheutgroei en vruchtgroei nodig is. Dit laatste vereist een sterk seizoengebonden patroon van water- en nutriëntengift.

Voor een goede opname van nutriënten is het van belang de verhouding van de verschillende voedingsstoffen in de goede verhouding beschikbaar te houden en ook de optimale zuurgraad (pH) voor de opname van de voedingsstoffen in stand te houden. Vooral bij lange teelten bestaat de kans op ophoping van bepaalde zouten in het substraat die de wortelgroei en wortelactiviteit nadelig kan beïnvloeden en daarmee de ontwikkeling van de plant. De optimale pH van substraatvocht ligt tussen de 5,6 en 6,8, maar kan voor sommige gewassen hiervan afwijken. Een uitgebreide toelichting over nutriëntengift in substraatteelten, inclusief figuur 4.2 en tabel 8.2, is te vinden in hoofdstuk 8 van het boek 'Soilless culture' (Raviv and Lieth, 2008). Behalve water en nutriënten dient er voor een goede wortelgroei en -activiteit in het substraat ook voldoende zuurstof aanwezig te zijn. Alleen bij gewassen die in staat zijn via aerenchymweefsel hun wortels van zuurstof te voorzien via het bovengrondse deel van de plant, zal het zuurstofgehalte van de het substraat een minder belangrijke rol spelen.

4.2.3 Goede groei bovengronds

CO₂ gift

CO₂ is een essentieel onderdeel van de fotosynthesereactie. CO₂ uitwisseling met de omgevingslucht vindt plaats via de stomata in de bladeren. Door de stomata vindt tevens de transpiratie van water plaats. Toediening van CO₂ in de kas kan de opbrengst in het gewas aanzienlijk verhogen (Swinkels and Swart, 2002). Het bepalen van de precieze relatie is lastig, omdat CO₂ dosering en opbrengsten worden beïnvloed door lichtintensiteit, ventilatieverlies, ontwikkelingsstadium van het gewas en het te oogsten product.



Figuur 3. 1. (Links), Invloed van licht en CO₂ (in ppm) op de gewasfotosynthese (Swinkels and Swart, 2002). 3.2. (Rechts), A. de afhankelijkheid van lichtbenuttingscoëfficiënt en B. de koolstofgebruiksefficiëntie als afhankelijke van de atmosferische CO₂.

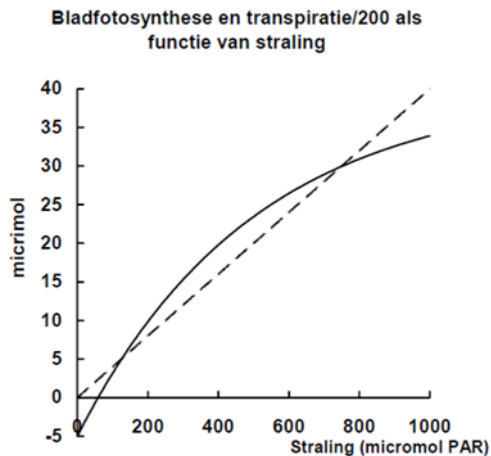
Een verhoging van de lichtintensiteit (x-as figuur 3.1) en de CO₂ concentratie in ppm (de gekleurde lijnen in de figuur) zorgen voor een verhoging van de fotosynthesesnelheid en daarmee de groei van het gewas. (Swinkels and Swart, 2002). Rond de buitenwaarde van 340 ppm CO₂ leidt verhoging van de CO₂ concentratie tot een toename van de fotosynthese, maar boven een waarde van 750 ppm wordt de fotosynthesesnelheid alleen nog bepaald door de lichtintensiteit.

Hoe hoger de CO₂ concentratie in de lucht, hoe efficiënter de straling gebruikt wordt en hoe efficiënter koolstof gebruikt wordt in de plant (Figuur 3.2, (Dewar, 1996)). Voor sommige telers blijkt het rendabel om naast gebruik van CO₂ uit warmtewinning extra te stoken om de concentratie CO₂ in de kas te verhogen (Swinkels and Swart, 2002).

Lichtintensiteit

Licht is de energiebron voor fotosynthese. Extra straling levert een verhoging van de fotosynthesesnelheid waarbij bij lichtintensiteiten boven de 1000 PAR de snelheidsverhoging nog maar minimaal is (Schapendonk, 1996) (zie doorgetrokken curve onderstaande figuur). Hoe hoger de straling, hoe meer de plant verdampt (stippellijn).

Licht beïnvloedt de veranderingen in de groei en ontwikkeling van de plant, dit proces heet fotomorfogenese. Het effect van fotomorfogenese is het meest herkenbaar tijdens de kieming van zaad in de bodem dat voor het eerst blootgesteld wordt aan licht. In de afwezigheid van licht ontwikkelt de plant etioleringsgroei (Jones, 1992). De veranderingen in ontwikkeling door geëtiolerde kiemplanten aan het licht bloot te stellen zijn karakteristiek voor fotomorfogenese. Planten reageren op golflengtes in het blauw, rood en verrood regio van het spectrum. Echter, hele korte golfstraling met hoge energiewaarde, zoals violet, X and gamma straling kan schade leveren aan de plant (mutagenese). In het bijzonder aan de structuur van genetisch materiaal waardoor mutaties kunnen optreden.



Figuur 4. Relatie tussen straling, fotosynthese (getrokken lijn) en verdamping (gebroken lijn). De verdamping is door een factor 200 gedeeld. PAR: fotosynthetisch actieve straling per m² (Jones, 1992).

Daglengthte

Met daglengthte kan generatieve ontwikkeling van planten worden gestuurd. Daglengthteverlenging (van 8 naar 12 of 16 uur) met lage lichtintensiteiten stimuleert groei vooral bij jong gewas en perkplanten (De Boer and Marcelis, 2009). Het bladoppervlak neemt in veel gevallen toe, het blad wordt groener (dit duidt op een hoger chlorophylgehalte), waardoor een verhoogde fotosynthese plaatsvindt. Het effect is tijdens de opkweekperiode en bij de teelt van potplanten en eenjarige snijbloemen groter dan bij teelt van vruchtgroenten en meerjarige snijbloemen. Daglengthte verlenging is vooral goed toe te passen bij perkgoed. Bij bladgroenten moet rekening worden gehouden met bovenmatige strekking en vorming van te smal blad. Bij aardbei wordt daglengthteverlenging al toegepast (stimuleren van strekking van blad en bloemtrossen). Bij gewassen als gerbera kan de belichtingsstrategie verder geoptimaliseerd worden door meer rekening te houden met het effect van daglengthte op groei en bloei.

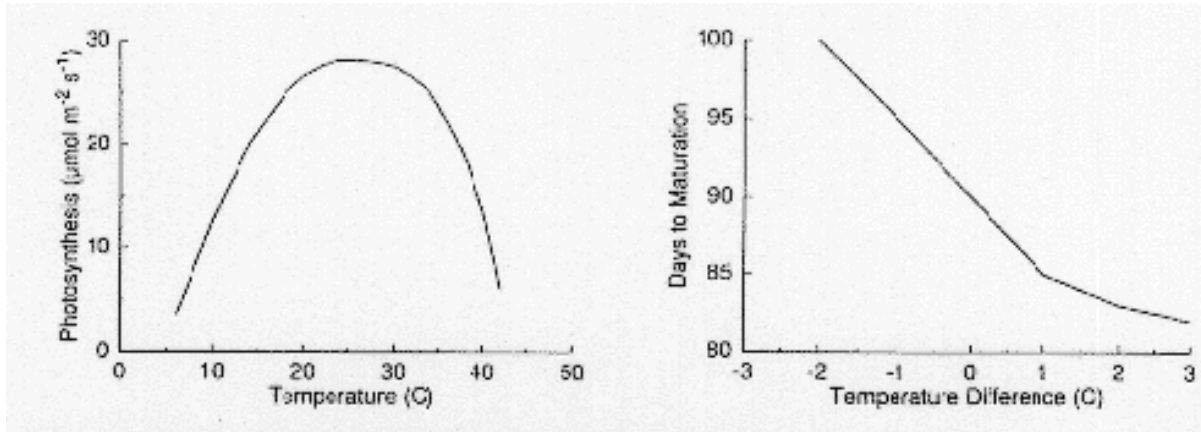
Luchtvochtigheid (RV)

Relatieve luchtvochtigheid (RV) beïnvloedt de waterhuishouding in de plant en daarmee indirect bladgroei, fotosynthese, bestuiving en aanwezigheid van ziekten (TNAU, 2008). De huidmondjes reguleren de uitwisseling van water en de opname van CO₂, welke nodig is voor de fotosynthese, tegelijkertijd. Als de huidmondjes sluiten vanwege vochtstabilisatie, kan tevens geen CO₂ meer opgenomen worden voor de fotosynthese. Een ander effect van luchtvochtigheid op de plant is de turgordruk in het blad. Een hoge turgor druk is nodig om celvergroting te realiseren. Turgor druk is hoog bij hoge RV doordat de transpiratie laag is. In vochtige gebieden is daarmee bladvergroting hoog. Ook het succes van bevruchting is afhankelijk van de luchtvochtigheid. Een gemiddelde luchtvochtigheid is gunstig voor bevruchting. Bij te hoge luchtvochtigheid kleven de pollen aan elkaar en laten de helmknop niet los, bij te lage luchtvochtigheid drogen de stampers uit waardoor de pollen niet blijven kleven. Een ander effect is de gevoeligheid voor ziekten, welke toeneemt bij een hogere luchtvochtigheid. Een hoge luchtvochtigheid stimuleert kieming van schimmelsporen op bladeren. Ook verschillende insecten doen het beter bij hoge luchtvochtigheid. Bij graan werd een opbrengstderving van 144 kg/ha gevonden bij een toename van 1% RH gemiddeld per maand (TNAU, 2008). In de buitenlucht is de RV in de ochtend het hoogst en in de vroege avond het laagst. Een lage RV komt door de uitzetting van lucht waardoor de waterdampcapaciteit toeneemt. Een gemiddelde luchtvochtigheid van 60-70% is optimaal.

Bovengrondse temperatuur

Luchttemperatuur is de belangrijkste weervariabele omdat temperatuur de snelheid van vegetatieve en generatieve ontwikkeling reguleert (Hodges et al., 1992). De meeste groeiprocessen in de plant zijn sterk temperatuursafhankelijk met een optimale temperatuurrange voor elk gewas (Wolfe, 1995). De optimale groeitemperatuur correspondeert meestal met de optimale temperatuur voor fotosynthese. De relatie tussen temperatuur en fotosynthesesnelheid is een parabolisch verband (Figuur 5). Een andere manier waarop

temperatuur de gewasgroei beïnvloedt is door de snelheid van chemische reacties. Bij hogere temperaturen is de ontwikkelingssnelheid naar generatieve groei hoger. Met als gevolg dat de levenscyclus van planten die eenmalig bloeien zoals granen wordt verkort. In Figuur 5 staat het effect van temperatuur op de fotosynthese en duur van de gewasgroei en op de ontwikkelingssnelheid. Bodemtemperatuur heeft in het algemeen een effect op het succes van overplanten en kieming (Hoogenboom, 2000).



Figuur 5. Links, temperatuureffect op netto fotosynthese. Rechts, effect temperatuurverschil ten opzichte van normale temperatuur op de ontwikkelingssnelheid (uitgedrukt in dagen tot afrijping) (Parry, 1990; Wolfe, 1995).

In de bedekte substraatteelt kan de temperatuur gereguleerd worden voor een optimale groei. In de open substraatteelt is het slechts zeer beperkt mogelijk de omgevingstemperatuur te reguleren. Via gewasberegening bijvoorbeeld kan op zeer zonnige dagen een tijdelijke verlaging van de gewastemperatuur worden gerealiseerd, door bomenhagen om een perceel kunnen kleinere percelen een paar graden warmer blijven en ook de rijrichting heeft beperkte invloed op de jaartemperatuursom en de instraling in het gewas. Substraat dat boven de grond staat is gevoeliger voor temperatuurschommelingen dan de vollegrond. Hier zullen de gewassen op reageren. In de winter neemt de kans op bevriezing van het medium door nachtvorst toe. Als het medium, of de meerjarige gewassen hier niet tegen bestand zijn zorgt dat voor een probleem.

4.2.4 Uniformiteit

In de landbouw biedt uniformiteit voordelen voor logistiek (vooral bij eenmalige oogst) en kwaliteitsverbetering (alle planten krijgen de juiste groeiomstandigheden). Uniformiteit wordt – los van veredeling en zaadkwaliteit – bepaald door gelijke groeiomstandigheden op elke plantpositie, zoals water, voeding, licht, temperatuur en zuurstof bij de wortels. Het fertigatiesysteem is bepalend voor deze uniformiteit onder de grond. NFT-systemen zijn het meest herkenbare voorbeeld van gebrek aan uniformiteit: voedingswater loopt van de ene plant naar de andere, zodat de laatste een andere voedingsvoorziening krijgt dan de eerste. Grote volumes water en beperkte gootlengte kunnen dergelijke oneffenheid beheersbaar maken. Bij volvelds eb-vloed blijkt echter ook ongelijkheid te zijn. Het punt waar het water het substraat het eerste raakt, zal het water gaan geleiden. In kringen wordt het water vanuit dat punt weggedrukt. Bij verenkelde planten (potten) wordt dit probleem weer opgelost. Oneffenheid kan ook ontstaan bij (ongelijke) afzetting van sediment (verslibbing) in het systeem. Dit sediment geeft stilstaand water en daarmee verhoogd risico op ziekten.

4.2.5 Ziektevrij: ontsmetting en recirculatie van water

Ontsmetten van recirculatiewater

Recirculatie van water levert risico op voor de verspreiding van ziekten. Om dit risico te verminderen of geheel uit te sluiten zijn er verschillende technieken beschikbaar. Deze technieken zijn veelal ontwikkeld in de glastuinbouw. Een overzicht wordt gegeven in Bijlage 1.

De te gebruiken methode hangt in belangrijke mate af van o.a.

- de hoeveelheid te zuiveren water;
- type pathogeen dat gedood moet worden;
- noodzaak tot 100% afdoding;
- kosten.

Verhitten van water is een zeer effectieve maar kostbare methode. In de glastuinbouw kan de methode ingepast worden in de bedrijfsvoering en kunnen zo de kosten beperkt worden. Een ander aspect is of het te zuiveren water gronddeeltjes bevat. Bij veel technieken is het nodig eerst gronddeeltjes uit het te ontsmetten water te verwijderen. Daarom is filtratie vooraf met een (zand)filter of andere vorm van zuivering noodzakelijk bij b.v. gebruik van het UV-ontsmettingsapparaat. Verontreinigingen van neergeslagen meststoffen of algen kunnen er toe leiden dat micro-organismen onvoldoende aan het UV-licht worden blootgesteld. Een voorbeeld van een techniek die de buitenteelt wordt gebruikt is het biologische zandfilter. Deze techniek is in Duitsland ontwikkeld en wordt o.a. gebruikt in de boomkwekerij. De in het filter aanwezige micro-organismen doden sporen van o.a. Pythium en Phytophthora cinnamomi. Onvoldoende tot geen doding is er van Fusarium, aaltjes en virussen. De werking is temperatuurafhankelijk. Voor een goede werking behoort de temperatuur minimaal 15 °C te zijn. De werking is ook afhankelijk van een goed biologisch evenwicht. Nadelen zijn het ruimtebeslag en het feit dat het filter is niet effectief tegen alle ziekten en plagen.

Controle ontsmettingsinstallaties

Controle op de werking van ontsmettingsinstallaties is zeer belangrijk. Controle op de ontsmettende werking van de UV straling, biologische zandfilters en verhitte kan betrouwbaar worden uitgevoerd. Hiervoor worden voor en na de ontsmetting de organismen geteld of wordt het aanwezige DNA geanalyseerd. Niet alle technieken zijn voor de verschillende ontsmettingsmethoden geschikt om te controleren of de doding van de ziekteverwekkers effectief is verlopen. Bgg biedt het z.g. Ontsmetter Check onderzoek aan. Van het watermonster wordt het aerobe kiemgetal bepaald dat het aantal schimmels en bacteriën aangeeft. Bij een goede werking van de ontsmetter moeten deze kengetallen na ontsmetting flink lager zijn. Voor een biologisch zandfilter is deze methode ongeschikt omdat per definitie zeer veel micro-organismen aanwezig zijn. De DNA methodiek is dan meer geschikt. Bgg noemt dit RISCover. De mate van besmetting wordt in vier gradaties aangegeven. De werking van UV-ontsmetters kan ook op deze wijze worden bepaald omdat het DNA wordt afgebroken. Is de werking onvoldoende dan is het DNA aanwezig. Voor het controleren van het effect na verhitte is de DNA controle niet geschikt omdat de levende cellen worden gedood maar het DNA blijft intact. Algemeen heeft de DNA methodiek het voordeel dat overal in het water of teeltsysteem kan worden gemeten of besmettingen of besmettingshaarden aanwezig zijn. Dit kan leiden tot een vermindering van een grootschalige preventieve inzet van chemische middelen. Aangeraden wordt om minimaal 4 keer per jaar de installatie te controleren.

4.2.6 Bovengrondse ziekten en Plagen

Voor bovengrondse ziekten en plagen gelden dezelfde criteria als in de grondgebonden teelt. Ook hier gelden eisen voor het beperken van de periode dat het blad nat is, het inzetten of bevorderen van natuurlijke vijanden en het voorkomen van plantstress (schraal klimaat, harde wind, voedingsgift), hygiënisch werken bij snoei en oogst en het werken met waarschuwingssystemen.

4.3 Specifieke sturing

Afhankelijk van plantensoort en het ontwikkelingsstadium van het gewas is er tijdens de teelt behoefte aan specifieke sturing van de groei en ontwikkeling van de planten. De meest voorkomende gewasparameters waar tijdens de teelt op wordt gestuurd zijn:

- Bloei
- Vruchtzetting
- Vertakking
- Wortelgroei en -structuur
- Vruchtkwaliteit
- Bovengrondse groei

Afhankelijk van het ontwikkelingsproces kan de sturing plaatsvinden via groeiregulatoren, nutriënten- en watergift, temperatuur, licht of mechanisch. Afhankelijk van het gewas en de tijd van het jaar zijn ook andere sturingsmethoden mogelijk, zoals: sturen met verschil tussen dag- en nachttemperatuur (DIF), stress (borstelen, wind, bewegen), droger telen, potgrootte, plantdichtheid, CO₂-dosering, lichtkleur, laag fosfaatgehalte (Carvallo e.a., 2008b; Heuvelink e.a., 2009).

Sturen met licht

Sturing van bloei door licht wordt in de kasteelt van siergewassen algemeen toegepast bij korte dag planten zoals bijvoorbeeld chrysaant. Via manipulatie van de daglengte met kunstlicht kan worden gestuurd na hoeveel bladeren en bij welke steellengte bloemknopvorming gaat plaatsvinden. Door specifieke veranderingen in de spectrale verdeling van het licht (lichtkleur) aan te brengen, hetzij via selectief uifilteren van delen van het zonlichtspectrum, hetzij via bijbelichting met lampen met een bepaalde lichtkleur, kan bij veel gewassen de plantontwikkeling worden beïnvloed (Maas and Bakx, 1997; Marcelis et al., 2002). Verhoging van het aandeel blauw licht kan worden gebruikt om de strekkingsgroei van planten te remmen (Maas et al., 1995; Maas and Van Hattum, 1998) en de vorming van pigmenten (vooral anthocyanen) te verhogen. Verandering van de rood/verrood verhouding van het licht kan worden toegepast om de strekkingsgroei en vertakking van planten te sturen, waarbij een lagere rood/verrood verhouding leidt tot meer strekking en minder vertakking en een hogere rood/verrood verhouding de strekkingsgroei beperkt en de vertakking bevordert. In andere sierteeltgewassen kan de bloei worden geïnduceerd door toediening van een specifieke groeiregulator.

Sturen met behulp van groeiregulatoren

Chemische groeiregulatoren kunnen ingezet worden om de groei van gewassen te sturen. Om groeiregulatoren in de praktijk te mogen toepassen moeten deze middelen echter wel voor deze toepassing bij het betreffende gewas zijn geregistreerd. Voorbeelden zijn chlormequat (CCC), daminozide (alar) en paclobutrazol (bonzi). Deze middelen remmen de groei en zorgen voor compactere planten. In perkplanten wordt vaak een combinatie van daminozide en chlormequat gebruikt. Behandelingen met ethefon kan bloei bij bromelia's en gibberellinen die bij *Spatyphyllum* induceren. Ethefon heeft een toelating voor bloeibevordering bij Bromiliacea, maar gibberellinen zijn niet toegelaten in de teelt van *Spatiphyllum*. Groeiregulatoren worden in de praktijk ook toegepast om de vruchtzetting en vruchtdracht bij appels en peer te reguleren. Gibberellinen worden gebruikt de zetting van peren bij het optreden van nachtvorst tijdens de bloei te bevorderen, ethefon en 6-benzyladenine (BA) om de vruchtrui te stimuleren wanneer er teveel vruchtzetting is opgetreden en 1-naftyleenazijnzuur (NAA) om vruchtval kort voor te oogst tegen te gaan (Wertheim and Tromp, 2006.). Het gebruik van chemische groeiregulatoren staat echter ter discussie, waardoor de vraag naar alternatieve methoden om de groei te remmen/sturen toeneemt (Maas, 1999).

Sturen door beweging

Het bewegen van planten kan groeiremmend werken (thigmomorfogenese), doordat elke beweging de celwand vervormt. Dit heeft invloed op genen die coderen voor groei. In nieuwe cellen resulteert dit in kortere cellen met dikkere celwanden. In diverse gewassen zijn effecten van borstelen en schudden op de groei onderzocht met wisselende resultaten. In de perkplant *Salvia splendens* kon de hoogte met de helft teruggebracht worden. In *Pelargonium* was geen effect op de groei te zien. Het is echter niet uitgesloten dat

planten juist harder gaan groeien na het stoppen van de behandeling. Het is de vraag in hoeverre het extra bewegen van planten interessant en veilig is voor praktijktoepassing en ook economisch haalbaar is. Omdat gewassen, maar ook cultivars verschillend kunnen reageren, is het nodige onderzoek vereist (Kierkels en Heuvelink, 2008).

Sturen door gecontroleerde watergift (deficit irrigation)

De techniek van gecontroleerde watergift is vooral ontwikkeld vanuit het oogpunt van efficiënter watergebruik in gebieden waar water schaars is (FAO, 2002). Gebleken is door tijdens de groeiperiode gericht beperken van de watergift de vegetatieve gewasgroei kan worden beperkt ten gunste van de vruchtontwikkeling in fruit en druiven. Een beperking van scheutgroei leidt tot een minder dicht gewas waardoor vruchten beter worden belicht, wat leidt tot betere kleuring, en de kans op aantasting door schimmelziekten vermindert.

5 Nieuwe aspecten in Teelt de grond uit

In dit hoofdstuk zijn de resultaten van hoofdstuk 3 en 4 gecombineerd. De verschillende teelten (zoals beschreven in hoofdstuk 3) werden vergeleken op verschillende vormen van sturing (zoals beschreven in hoofdstuk 4). Het resultaat is een overzicht waarin nieuwe vormen van sturing in de nieuwe Tdgu systemen zichtbaar worden. Deze nieuwe vormen van sturing staan in dit hoofdstuk verwoord.

5.1 Opstelling

5.1.1 Containers meerjarige teelt

Vershillende typen substraten zijn toegepast in Tdgu-systemen. Zo wordt er voor bomen en fruit gebruik gemaakt van veen al dan niet gemengd met grond dat ook al gebruikt werd voor potplanten. Vernieuwend in Tdgu is echter de lengte van de teeltduur in containers voor bomen en appels. Bekend is dat veemengsels goed functioneren voor een beperkt aantal teeltjaren, maar hoe houden de bomen zich in langdurige teelten? Een belangrijk kwaliteitsaspect voor laanbomenteelt is de wortel. Het is bekend dat bomen in containers draaiwortels kunnen gaan ontwikkelen. Als bomen met draaiwortels overgeplant worden in de vollegrond is de kans groot dat ze geen goed vertakt wortelstelsel vormen, waardoor ze op den duur kunnen omvallen. Onderzoek is nodig naar achterliggende processen zodat de ontwikkeling van draaiwortels voorkomen kan worden.

5.1.2 Grof zand

Nieuw is het gebruik van grof zand als substraat in Tdgu voor gewassen als tulp, hyacint zomerbloemen en vaste planten.

5.1.3 Substraatloos

Substraatloos telen bleek voor verschillende gewassen een goede teeltwijze. Water is in Nederland (nog) een goedkoop medium en de gewassen groeien goed op het water. Substraatloos telen werd in Nederland nog niet eerder toegepast, wel is er elders in de wereld ervaring met dit type teelten. De hoeveelheid water in substraatloze teelt is zodanig groot dat ontsmetting niet mogelijk is. Er zijn nog veel kennisvragen op te lossen met betrekking tot substraatloze teelt. In hoofdstuk 6 wordt hier dieper op ingegaan.

5.2 Basis sturing

5.2.1 Wortelmorfologie in dichte potten

Het wortelstelsel is een belangrijk kwaliteitskenmerk van boomkwekerij gewassen. In zijn algemeenheid gaat het om de ontwikkeling van een kwalitatief goed wortelstelsel in een beperkt volume. Vraag is op welke wijze de ontwikkeling van het wortelstelsel kan worden gestuurd. Hiervoor zijn speciale potten ontwikkeld maar ook kan er sturing plaatsvinden door water en nutriënten. Uiteraard moet de balans tussen het ondergrondse en bovengrondse delen in evenwicht zijn. In meerjarige teelten is de klimaatrobuustheid van het teeltsysteem een belangrijk onderwerp. Het gaat hierbij om zowel de winterhardheid als hoge temperaturen in zomer. Opname van water en nutriënten vindt voor een belangrijk deel plaats in jonge, nog niet verhouten delen van het wortelstelsel. Onduidelijk is hoe bij een meerjarige teelt in een beperkt volume het wortelstelsel zichzelf kan blijven verjongen om een goed opname van water en nutriënten mogelijk te blijven maken. Er zijn verschillende mogelijkheden om de wortelontwikkeling te sturen waaronder voeding, water, potarchitectuur, temperatuur en substraat.

5.2.2 Optimale pH en EC van het voedingsmedium

Elk gewas heeft een optimale pH en EC van het voedingsmedium. In de bestaande substraatteelt wordt voor elk nieuw gewas de optimale samenstelling van het voedingsmedium bepaald. Doordat in Tdgu onbedekt

geteeld wordt is ook kennis over opname van voedingselementen onder extreme omstandigheden interessant. Het gaat hierbij bijvoorbeeld om hoge temperatuur of verschillende mate van waterkwaliteit.

5.2.3 Planten in water

Belangrijk zijn alle aspecten die een goede voortzetting van de groei van het plantmateriaal bevorderen bij het overzetten van het plantgoed op water. Hoe kan dat gerealiseerd worden zonder veel stress voor de plant en met de kortste teeltcyclus voor een kwalitatief goed eindproduct? Vragen die aan de orde zijn zijn de optimale plantgrootte, de beste samenstelling van het medium, hoe vindt wortelhergroei plaats, welke bemesting is nodig, moeten wortels afharden? Is het mogelijk te sturen met hergroeibevorderende omstandigheden of stimulators?

5.2.4 Zuurstofvoorziening bij de wortels in bassin

Zuurstof is essentieel voor de actieve opname van voedingselementen door de wortels. Wortels kunnen – afhankelijk van het gewas (of zelfs het ras?) op verschillende manieren van zuurstof voorzien worden: vanuit de spruit via luchtkanalen in de wortels, vanuit andere worteldelen of direct vanuit de omgeving van de wortelpunten (uit het water, dan wel uit lucht gevulde ruimte rond de wortel. Deze laatste route – directe opname in de wortelzone – lijkt de grootste rol te spelen, en daarbinnen de opname van zuurstof vanuit met lucht gevulde poriën in het substraat. In veel teeltsystemen ontstaan echter (tijdelijke) zuurstofarme omstandigheden rond de wortels. Waar ligt de grens voor acceptabele plantstress?

Met name voor teelten op water is de zuurstofvoorziening van de wortel een belangrijke vraag. In de proeven tot nu toe blijkt het toevoegen van zuurstof aan de voedingsoplossing positieve effecten te hebben op de fysieke productie. Je zou mogen verwachten dat zuurstof in het algemeen een positieve bijdrage levert aan optimalisatie van de productie en dus het rendement van een teelt. Het verrijken van water met zuurstof kost wel energie. Meer inzicht in de eisen die de plant (in de verschillende fasen van ontwikkeling) stelt t.a.v. de zuurstofvoorziening kan dus een belangrijke bijdrage leveren aan de optimalisatie van de opbrengsten en minimalisatie van de kosten.

Er is behoefte aan betere meetapparatuur en –protocollen voor zuurstofvoorziening bij wortels.

5.2.5 Hygiëne

Belangrijk aandachtspunt voor de teelt buiten is hygiëne. Opspattende gronddeeltjes en water kunnen nematoden bevatten. Een passant kan door langs de systemen lopen al nematoden overbrengen van de grond naar de systemen.

5.2.6 Ziekte vrij telen

Voor ziekte vrij telen bovengronds kunnen huidige technieken die ook in de vollegrond toegepast worden tevens gebruikt worden voor Tdgu. Zo kan er gebruik gemaakt worden van waarschuwingssystemen, natuurlijke vijanden en schoon plantmateriaal. Voor ziekte vrij telen ondergronds spelen andere vragen. De werking van antagonisten in de bodem zal anders zijn dan in substraat. Hoe antagonisten toegepast kunnen worden in substraatsystemen is een onderzoeksvraag voor teelt de grond uit.

5.2.7 Neerslagoverschot

Jaarlijks is er een structureel neerslagoverschot van, afhankelijk van de regio, tussen de 120 en 440 mm. Neerslagoverschot is een probleem op het moment dat regenwater in de voedingsoplossing kan stromen waardoor de voedingsoplossing verdund wordt en mogelijk verloren gaat. Als de systemen overstromen zorgt dat voor uitspoeling van nutriënten naar het grondwater.

5.2.8 Wortel exudaten

Wortel exudaten zijn actief door de wortel uitgescheiden organische verbindingen. Wortel exudaten in het medium zouden kunnen leiden tot zwakkere meer bevattelijke planten, direct indien de exudaten fytotoxische zijn of indirect via stimuleren van de groei van bacteriën en schimmels in het medium. Onbekend is welke rol wortel exudaten spelen in waterteelten, welke exudaten er bekend zijn en hoe ze zich gedragen in het medium. Zakken ze naar de bodem, blijven ze rond de wortel hangen of verdelen ze zich homogeen over de oplossing? Verder is onbekend of ze worden afgebroken of niet. Kennis over wortel exudaten is van belang met oog op de optimalisatie van de productie. Daarnaast is het ook van belang meer inzicht te krijgen of exudaten ervoor

kunnen zorgen dat er regelmatig ververst moet worden. Naarmate er vaker ververst moet worden is de kans groter dat er ook emissie van nutriënten en gewasbeschermingsmiddelen toeneemt.

5.2.9 Smaak van teelt op water

De smaak is een belangrijk kwaliteitskenmerk van een product. Deze kan beïnvloed worden door de samenstelling van het voedingsmedium. Tomaat is een voorbeeld waar er in het verleden tijdens te weinig aandacht is besteed is aan smaak, wat tot de bijnaam 'Wasserbombe' heeft geleid. Daar is, door focus op maximale productie, het belang van smaak uit het oog verloren. In teelt de grond uit moet dat worden voorkomen.

5.2.10 Houdbaarheid

De houdbaarheid van gewassen geteeld op substraat of water is een aandachtspunt.

5.2.11 Winterhardheid

De vollegrond is een goede temperatuurbuffer. Teelt uit de grond vindt plaats op stellingen, maar wel buiten. Doordat de substraatsystemen de temperatuur minder goed bufferen dan de vollegrond zullen de wortels aan hogere temperatuurextremen, zowel in de zomer als in de winter, worden blootgesteld. Vraag is hoe winterhard zijn de planten in de voor dat gewas ontwikkelde Tdgu systemen?

5.3 Specifieke sturing

Het teeltdoel en de fysiologische eigenschappen van elk gewas zijn verschillend waardoor er een verschil in de noodzakelijke sturing bestaat. Per gewasgroep staan hieronder de belangrijkste specifieke sturingskenmerken genoemd.

5.3.1 Appel

In de appelteelt zijn vruchtkwaliteit en boomkwaliteit de twee belangrijkste eigenschappen. Vruchtkwaliteit kan gereguleerd worden door het aantal vruchten per boom te beheersen, bestuiving goed te regelen, vruchten te dunnen, fertigatie goed af te stemmen, gewasbescherming en groeiregulatoren toe te passen, gefaseerd te plukken en licht in het gewas te beheersen. De boomvitaliteit wordt met name gereguleerd door de keuze van het substraat met een goede afstemming van bemesting en watergift. Verder wordt er gestuurd met hormonen (bijv. ethrel en regalis), er wordt gesnoeid en gewasbeschermende maatregelen worden toegepast zoals pesticiden, biologische bestrijding. Ook worden er sanitaire maatregelen genomen.

5.3.2 Blauwe bes

Kwaliteitskenmerken van de blauwe bes zijn beskwaliteit, vruchtdracht en een vitale struik. Beskwaliteit kan gestuurd worden door snoei, fertigatie, dunning en gewasbeschermingsmiddelen. Vruchtdracht wordt gestuurd door groei-beheersing en bestuiving. Een vitale struik wordt bereikt door een goede dosering van meststoffen en watergift, de juiste plantafstand te kiezen, toegespitste gewasbescherming toe te passen en voldoende sanitaire maatregelen te nemen.

5.3.3 Bollen

Kwaliteitskenmerken van een bol zijn bolmaat en bolgewicht, een gaaf uiterlijk, ziektevrij, goede bolinhoud en uniformiteit. Dit kan gestuurd worden door de kwaliteit van de voedingsoplossing en zuiverheid van het water. Watertemperatuur kan mogelijk ook een rol spelen. Een niet al te scherp substraat voorkomt beschadiging aan de bol. Afgebroken kleikorrels kunnen scherp zijn. Het oogstmoment heeft invloed op het uiterlijk van de bol. Uniformiteit kan bereikt worden door uniform uitgangsmateriaal en uniforme groeiomstandigheden zoals licht, bemesting en watergift. Interessant voor sturing in teelt de grond uit systemen is de bepaling van hormoongehalten in de bol in relatie tot ontwikkelingsstadia van de bol. Dit is een indicator van fysiologische veranderingen die ontstaan door het los van de grond telen. Het gaat hierbij om onderbouwing van fysiologische veranderingen met gegevens over de hormoonconcentraties.

5.3.4 Bomen

Het wortelstelsel is een belangrijk kwaliteitskenmerk van boomkwekerij gewassen. In zijn algemeenheid gaat het om de ontwikkeling van een kwalitatief goed wortelstelsel in een beperkt volume. Vraag is op welke wijze de ontwikkeling van het wortelstelsel kan worden gestuurd. In intensieve recirculerende teeltsystemen is de verspreiding van ziekten een belangrijk aandachtspunt. Welke mogelijkheden zijn er om problemen te voorkomen. Hierbij gaat het om het behandelen van het water maar ook om de opbouw van ziekteweerbaarheid.

5.3.5 Bladgewassen

Bladgewassen worden geteeld op optimale groei. Zuurstofvoorziening bij de wortels is een belangrijk sturingsmechanisme. Verder kunnen wortellexudaten een belangrijke rol spelen in waterteelten. Hier is nog weinig over bekend.

5.3.6 Chrysant

Wat bepaalt de kwaliteit van de wortel en hoe belangrijk is dat voor de teelt? Wat veroorzaakt wortelsterfte en wortelafbraak in substraat?

5.3.7 Zomerbloemen en vaste planten

Belangrijk voor een goede plantgroei is de bovengrondse groei aan de hand van de teelt op de wortel. Wat zijn (plantfysiologische) consequenties van telen op een klein wortelvolume? Er is bijvoorbeeld uit de chrysantenteelt bekend dat er meer zijstelen worden gevormd bij kleinere wortelvolumen. Of dit direct met elkaar verband houdt is niet bekend. Uit de literatuur lijken suggesties te komen dat het vaak moeten afbuigen van de wortels leidt tot een verandering in de hormoonhuishouding (C. Blok, pers com.).

5.3.8 Prei

Lengte wit is een belangrijk kwaliteitskenmerk van prei. De markt vereist een minimale hoeveelheid wit van 14 cm. In de volle grond ontstaat lengte wit door duisternis (in de grond) rond de plant. In Tdgu wordt daar specifiek op gestuurd door middel van donkere holle houderbuislengte. Ook moet er gestuurd worden op de dikte van de schacht. In Tdgu gebeurt dit door de diameter van de holle houderbuisdiameter aan te passen. Onbekend is in de substraatteelten hoe de prei precies groeit. Teelt de grond uit vereist een bepaalde ondersteuning van de plant. Van belang is dat deze ondersteuning op de juiste wijze en plaats gebeurt om stress bij de plant te voorkomen. Vragen als waar zit het groeipunt, wanneer vindt verdikking plaats komen hierbij aan de orde.

5.3.9 Kool

Onderzoek in kool vindt plaats naar een optimaal teeltsysteem voor goede groei waarbij er gekeken wordt naar zuurstofvoorziening bij de wortels, recirculatie en logistiek van het systeem.

5.3.10 Aardbei

Vruchtkwaliteit is een belangrijk kwaliteitskenmerk van aardbei. Aspecten zijn smaak, houdbaarheid, stevigheid, vruchtgrootte, vruchtvorm, kleur/glans/uitstraling en uniformiteit. Teeltmedium kan belangrijke effect hebben op de vruchtkwaliteit. Ook wordt er in aardbei gestuurd op plantkwaliteit. Aspecten zijn planttype, plantbelasting, tros lengte, constante productie en voorspelbare oogst. Onderzoek moet plaatsvinden naar het effect van bemesting (pH en EC) en zuurstof in het water op vrucht en plantkwaliteit. Echter de verspreiding van ziekten met het recirculatiewater is het belangrijkste punt van aandacht in het onderzoek. Dit is de belangrijkste reden waarom de meeste telers niet recirculeren.

6 Aandachtspunten Tdgu

In de ontwerpessies kwamen meerdere kennishiaten naar voren die bepalend zijn voor de uitvoering. Het ontbreken van streefwaarden voor bijvoorbeeld potarchitectuur en weerbaarheid van het watersysteem maakt het op dit moment niet mogelijk om systeemkeuzes te maken. Dergelijke kennis is daarom essentieel voor het bepalen van de dimensies van het systeem (hoogte, breedte, volumes, stroomsnelheden). Dit hoofdstuk beschrijft aandachtspunten die in meerdere gewasgroepen herkend werden, en de stand van de kennis op dit moment:

1. Opslagcapaciteit water Tdgu-systemen open teelt
2. Groeiremming bij recirculatie
3. Recirculatie en ziekten
4. Weerbaarheid van substraatloze systemen
5. Recirculatie en ziekten

6.1 Opslagcapaciteit water Tdgu-systemen open teelt

Om de emissie van stikstof en fosfaat naar het oppervlaktewater vanuit gerecirculeerde pot- en containerteelt tegen te gaan, is het nodig om voldoende opslagcapaciteit te hebben voor het wateroverschot. Een grotere opslag heeft echter ook hogere kostprijs. Bals *et al.* (2004) hebben met behulp van een rekenmodel in de boomteelt een simulatie uitgevoerd naar de emissies van nutriënten in relatie tot de bassingrootte op basis van werkelijke klimatologische omstandigheden over een periode van 30 jaar. Uit deze simulatie bleek dat bij het gebruik van opgeloste meststoffen de emissiegrens van 35 kg N/ha en 5 kg P/ha bij kleinere bassins wordt overschreden, wanneer uitgegaan wordt van een normaal bemestingsniveau en een normale kwaliteit van het suppletiewater. Een bassingrootte van 500 m³/ha leidt tot meststoffenemissies die in 25 à 26 jaren van de 30-jarige periode hoger is dan bovengenoemde norm. Het toepassen van een bassin van 1000 m³/ha vermindert de emissie van nutriënten zodanig dat de emissiegrens in 1 à 3 jaren wordt overschreden. Bij bassins van 1500 m³/ha en 2000 m³/ha wordt de emissienorm slechts in één jaar (1998) overschreden. Wanneer 1998 (uitzonderlijk nat jaar) buiten beschouwing wordt gelaten, wordt geconcludeerd dat met een bassingrootte van 1000 à 1500 m³/ha de emissienorm wordt gehaald. De 30-jarige gemiddelde emissie van nutriënten blijft voor zowel N als P bij een bassingrootte van 1000 m³/ha onder de voorgestelde emissienormen. Voor gecontroleerd vrijkomende meststoffen geldt bij bovengenoemde omstandigheden dat een bassingrootte van 1000 m³/ha voor alle jaren aan de emissienorm voldoet. Bij een bassingrootte van 500 m³/ha is de emissie in twee jaren van de 30-jarige periode groter dan de voorgestelde emissienorm. Door Hoogheemraadschap van Rijnland is een minimumeis gesteld van 1200 m³ wateropslag per ha voor nieuw aan te leggen gerecirculeerde containerteelt bedrijven.

6.1.1 Opslagmogelijkheden

Op pot- en containerbedrijven is sprake van twee waterstromen: schoon water (regenwater) en recirculatiewater. Recirculatiewater moet apart opgeslagen worden. De keuze van een opslagsysteem is afhankelijk de bedrijfssituatie en de bodemgesteldheid. De gescheiden opslag van recirculatiewater in een gesloten systeem is veelal duurder dan de opslag van regenwater.

6.2 Groeiremming bij recirculatie

Onzuiverheden in het watersysteem zullen door recirculatie steeds verder concentreren en mogelijk tot schade leiden. Bekende redenen die vaak genoemd worden, zijn natriumophoping, foutieve afgifte van voeding, ophoping van afbraakproducten van gewasbeschermingsmiddelen en wortellexudaten. Deze laatste twee factoren blijken echter moeilijk vast te stellen.

Natriumphoping is een meetbaar en met normen vastgestelde reden voor het (gedeeltelijk) verversen van de voedingsoplossing. Natrium komt in het systeem via de waterbron en via de nutriënttoediening. De belangrijkste waterbron in de glastuinbouw is regenwater dan wel bronwater indien beschikbaar. Voor het zuiveren (m.n. ontzouting) van secundaire waterbronnen zoals oppervlaktewater en kraanwater wordt daarom gewerkt aan meerdere technieken zoals ionenwisseling (Carix), electrolyse en omgekeerde osmose. De hoeveelheden natrium die via de voeding in het systeem komen verschillen sterk. Voeding kan nagenoeg geen natrium bevatten, tot 0.5 mmol of meer bij een standaard voedingsgift. Dit natrium wordt nagenoeg niet door de planten opgenomen en hoopt op tot de schadedrempels die voor gewassen verschillend zijn.

Tabel 5: Gewas specifieke schadedrempels en opname van natrium (Sonneveld and Voogt, 2009).

Gewas	Schadedrempel (mmol/l)	Wettelijk Na-niveau voor lozing (mmol)	Opname bij maximale [Na] aanwezigheid (mmol/l)
komkommer	8	6	1
Paprika	6	6	0.5 – 0.1 **
Roos	4	4	< 0.1
Kalanchoe	1	4	0.1
Ficus	5	4	0.1
Chrysant	8	*	< 0.1

* niet bepaald voor grondgebonden teelt

** verschil tussen vegetatieve en generatieve groeifase

Voor groeiremming door wortel-exudaten of (afbraakproducten van) gewasbeschermingsmiddelen zijn nog geen individuele stoffen gevonden die verantwoordelijk zijn voor het effect. In de literatuur en in de praktijk zijn er geen stoffen bekend die specifiek groeiremming zouden kunnen veroorzaken.

Gewasbeschermingsmiddelen worden specifiek onderzocht op fytotoxiciteit, en van exudaten kan gesteld worden dat deze organische zuren (met name kaneelzuur ($C_9H_8O_2$) en benzoëzuur ($C_7H_6O_2$)) zeer snel afbreken in de substraatmat en het water door microbiële activiteit. Toch wordt in de praktijk remming waargenomen, die met kiemprouven te bevestigen is. Deze remming blijkt te kunnen worden opgeheven door een behandeling met geavanceerde oxidatie (waterstof peroxide en UV). In de rozenteelt, waar deze problematiek nadrukkelijk speelt, wordt gewerkt aan strategieën met deze actieve oxidatie en UV om langer te kunnen recirculeren voor dat er geloosd moet worden.

Naast het langer recirculeren is er technologie in ontwikkeling om de nuttige stoffen uit de afvalstroom terug te winnen. Technieken hierbij zijn (Jurgens et al., 2010):

Waterterugwinning - Omgekeerde osmose, membraandestillatie

Nutriëntenterugwinning - ionenwisseling (Carix), electrolyse.

6.3 Recirculatie en ziekten

De belangrijkste drijfveren voor de ontwikkeling van grondgebonden teelt naar substraatteelt in de jaren '70 was het overwinnen van grote ziekteproblemen en (daardoor) een hogere productie. Toch is substraatteelt verre van ziektevrij. Deze paragraaf gaat in grote stappen door de gedachtenvorming over ziektebeheersing in grondloze teeltsystemen.

Een van de grote voordelen van telen op substraat is het kunnen hergebruiken van het drainagewater. Door recirculatie worden ziektes echter eenvoudig verspreid over het gehele irrigatievak. Verreweg de meeste bedrijven in de glastuinbouw maken daarom gebruik van een soort van ontsmetting. De paar bedrijven die niet ontsmetten telen gewassen met weinig wortelgebonden ziekten of nemen om andere redenen het risico. Ontsmetting gebeurt door langzame zandfiltratie, verhitting of (filtratie-) en UV behandeling. Daarnaast wordt opspatten van gronddeeltjes en daaraan hangende schimmels en aaltjes vermeden door het afdekken van de bodem. Ten slotte wordt er chemisch ingegrepen als een ziekte zich toch ontwikkelt.

De voorkomende ziekten in de substraatteelten zijn (Ludeking, 2011):

Pythium spp. = Wortelrot / voetrot	Verwelkingsschimmel, maakt gebruik van stress, verzwakking en kan veel schade veroorzaken bij kiemplanten. Oömyceet, uitstekend uitgerust voor verspreiding via water. Actieve verspreiding door water van Zoosporen. Koude en warmte minnende soorten, Persistente overlevingsstructuren: Oösporen
Phytophthora spp. = Wortelrot/ voetrot	Voet- en wortelrot schimmel. Enkele soorten ook hoger in de plant <i>P.ramorum</i> , <i>P. infestans</i> . Oömyceet, uitstekend uitgerust voor verspreiding via water. Actieve verspreiding door water van Zoosporen. Koude- en warmteminnende soorten, Persistente overlevingsstructuren: Oösporen
Fusarium solani/ Nectria spp. = voetrot/ wortelrot/ stamkankers	Deze Fusarium soort veroorzaakt voet- en wortelrot. De schimmel produceert enorme aantallen conidiën, die enorm makkelijk verspreiden via, lucht, kleding, gewashandelingen, grond en water. Persistente overlevingsstructuur Chlamyosporen. Geslachtelijk stadium Nectria. Kan bij (fruit en laan) bomen stamkankers veroorzaken. Schimmel gedijt onder warme en koude omstandigheden
Fusarium culmorum = voetrot	Deze Fusarium soort veroorzaakt voet- en wortelrot. Schimmel produceert enorme aantallen conidiën, die enorm makkelijk verspreiden via, lucht, kleding, gewashandelingen, grond en water. Persistente overlevingsstructuur Chlamyosporen en combinatie van chlamyospore en condium. Schimmel gedijt onder warme en koude omstandigheden
Cylindrcarpon destructans/wortelrot/wortellaesies/ voetrot	Deze schimmel veroorzaakt voet- en wortelrot. Schimmel produceert enorme aantallen conidiën, die enorm makkelijk verspreiden via, lucht, kleding, gewashandelingen, grond en water. Persistente overlevingsstructuur Chlamyosporen. Schimmel gedijt onder warme en koude omstandigheden
Cylindrocladium spp./ wortelrot/voetrot/ bladvlekken	Deze schimmel veroorzaakt voet- en wortelrot. Sommige soorten ook bovengronds een probleem. Schimmel produceert enorme aantallen staafvormige conidiën. Deze staafvormige conidiën kunnen lang vitaal blijven onder minder gunstige omstandigheden en makkelijk verspreiden via, lucht, kleding, gewashandelingen, grond en water. Persistente overlevingsstructuur Chlamyosporen. Schimmel heeft koude (<i>C. buxicola</i> , <i>C. scoparium</i>) en meer warmteminnende (<i>C. spathiphylli</i>) soorten
Phoma, Phomopsis/Didymella/ Phylosticta Stengelvlekken/ bladvlekken	Grote groep van pycnidiën vormende schimmel. Op bladeren stengels en stengelvoet ontstaan veelal donkere sporenvormde lichaampjes die miljarden kleine, ronde zwarte sporen produceren. Veelal zijn beschadigingen en vochtige omstandigheden nodig voor kieming van de sporen en infectie.
Verticillium dahliae/ Verwelkingsziekte	Verwelkingschimmel met zeer persistente overleving structuren. Microsclerotien kunnen zeer lange tijd zonder waardplant over leven. Als omstandigheden gunstig worden kiemt het microsclerotium en zal een wortel binnendringen. Het vatenstelsel van de plant wordt geïnfecteerd wat het transport in de stengel belemmert. Verwelking en uiteindelijk afsterven is het gevolg.
Verticillium alboatum = verwelkingsziekte	Verwelkingschimmel met zeer persistente overlevingstructuren. Microsclerotien kunnen zeer lange tijd zonder waardplant over leven. Als omstandigheden gunstig worden kiemt het microsclerotium en zal een wortel binnendringen. Het vatenstelsel van de plant wordt geïnfecteerd wat het transport in de stengel belemmert. Verwelking en uiteindelijk afsterven is het gevolg.

Sclerotinia spp. (Sclerotinia sclerotiorum, rattekeutelziekte)	Sclerotiën vormende schimmel. Sclerotiën zijn harde zwarte en vrij forse clusters van hyphen (schimmeldraden) die na het afsterven van een geïnfecteerde plant achter blijven in de grond. Geeft problemen in sierteeltgewassen, vaste plantenteelt en in akkerbouw. Sclerotinia maakt geen ongeslachtelijke sporen (conidiën)
Rhizoctonia solani = voetrot	Sclerotiën vormende schimmel. De sclerotiën van Rhizoctonia zijn vele malen kleiner dan van Sclerotinia en nauwelijks met het blote oog waarneembaar. Grondschimmel die met name op de overgang tussen lucht en grond de plant zal infecteren. Vaak snoeren jonge stengels in, worden zwart en vallen dan om. Sclerotiën blijven na het afsterven van een geïnfecteerde plant achter in de grond. Geeft problemen in sierteeltgewassen, vaste plantenteelt en in akkerbouw.
Colletotrichum spp./taksterfte/voetrot	Warmteminnende schimmel, die taksterfte, voetrot en bladproblemen kan geven. Onder omstandigheden van hoge RV en temperaturen van boven de 26 graden Celsius kan een enorme verspreiding plaatsvinden. Schimmel is vanwege de enorme sporen productie moeilijk te bestrijden. Hygiënisch werken is het voornaamste advies. Schimmel verspreidt via lucht, water, kleding, etc.
Myrothecium roridum = voetrot	Warmteminnende schimmel, die taksterfte, voetrot en bladproblemen kan geven. Onder omstandigheden van hoge RV en temperaturen van boven de 26 graden Celsius kan een enorme verspreiding plaatsvinden. Schimmel is vanwege de enorme sporen productie moeilijk te bestrijden. Hygiënisch werken is het voornaamste advies. Schimmel wordt verspreid via lucht, water, kleding, etc.
Pestalotia spp. = scheutsterfte	Deze (zwakte) schimmel kan problemen geven in vaste planten teelt, maar ook in coniferen wordt de schimmel waargenomen. Problemen bij fysieke beschadigingen, windplekken, enten en andere beschadiging aan de plant. Bijzondere spore met 2 of drie zweep haren. Verspreiding, via lucht, grond, water
Thielaviopsis basicola Chalara elegans wortelrot / entsterfte	Koudeminnende schimmel, geeft voorkeur aan koelere temperaturen. Infectie verloopt vanuit de grond en tast daar wortels aan. Schimmel veroorzaakt voetrot en wortelrot. Vormt conidiën, chlamydosporen (overlevingsstructuren) zowel in als buiten de wortels.
Coniothyrium spp. = taksterfte	Phoma-achtige schimmel. Komt voor op houtige gewassen. Er is geen chemisch bestrijdingsmiddel voor handen. Komt voor op bovengrondse delen en veroorzaakt taksterfte. Schimmel laat takken afsterven vormt vruchtlichamen onder de bast die openbarst en produceert daarin enorme aantallen sporen.
Pratylenchus penetrans = wortellesieaaltje	Wortellaesie-aaltje prikt met stylet (zuigsnuif) wortels aan en neemt celinhoud (assimilaten) tot zich. Veroorzaakt wonden op wortels en geeft groeiremming. Vaak extra schadelijk in combinatie met schimmels zoals Verticillium. Aaltjes of nematoden leven in het capillaire water in de grond. Geen middelen op substraat toegelaten. Daarnaast zeer lastig te bestrijden in watersystemen.
Meloidogyne hapla = wortelknobbelaaltje	Vrouwtjes van Wortelknobbelaaltjes zoeken een goede plek in een wortelgestel en nestelen zich daar gedurende hun leven. Omringende cellen worden aangezet tot reuzengroei. Vrouwtjes zwellen op en worden gevuld met eitjes. deze eiproppen zitten goed beschermd in het planten weefsel en kunnen overleven als de plant sterft. Jonge aaltjes (J2) gaan opzoek naar een nieuwe wortel of wortelgestel en dan begint de cyclus opnieuw. Brede waardplantenreeks. Geen middelen op substraat toegelaten. Daarnaast zeer lastig te bestrijden in watersystemen.
Overige vrijlevende aaltjes	Vrijlevende plant parasitaire aaltjes prikken met stylet (zuigsnuif) wortels aan en zuigen de celinhoud op. Veroorzaakt wonden op wortels en geeft groeiremming. Aaltjes of nematoden leven in het capillaire water in de

	grond. Geen middelen op substraat toegelaten. Daarnaast zeer lastig te bestrijden in watersystemen. (Aphelenchus spp./ Aphelenchoides spp. (bladaaltjes), Ditylenchus spp. (stengelaaltjes) Paratylenchus spp., Rotylenchus spp., Xiphinema spp.
Agrobacterium tumefaciens = kroongal	Deze bodembacterie kan gallen veroorzaken op stengels en wortels. De pathogene bacterie draagt een extra stukje DNA bij zich. Dit extra stukje DNA kan de bacterie efficiënt inbrengen in de cel, waarna het wordt opgenomen als celegeen DNA. Het stukje extra DNA zorgt voor ongecontroleerde groei van ongedifferentieerde cellen. Na verloop van tijd kunnen met name op entplaatsen gallen ontstaan ter grote van tennisballen.
Erwinia amylovora = Bacterie vuur	Bekend probleem in boomteelt en fruit. Voornamelijk schade aan loten. Ondanks bovengrondse problematiek blijft het oppassen in watersystemen.
Xanthomonas campestris	Bacterie die in verschillende teelten en in verschillende gedaantes schadelijk kan zijn. Vooral problemen met bladvlekken (bijvoorbeeld in Hedera) , maar ook verwelking (pelargonium). Bacterie is zeer besmettelijk. Onder warme en vochtige omstandigheden kan de bacterie zich razendsnel uitbreiden.

6.4 Weerbaarheid van substraatloze systemen

Hygiëne en weerbaarheid lijken de twee basisstrategieën die gevolgd kunnen worden om ziekten te beheersen. In substraatteelt wordt vooral gewerkt aan hygiëne – het ontsmetten van recirculatiewater met UV, hitte of chemisch (zie par. X.3 recirculatie en ziekten), maar wordt er recent ook aandacht gegeven aan het weerbaar maken van het teeltsysteem. Voor substraatloze systemen, bijvoorbeeld lijkt een hygiëne strategie niet haalbaar vanwege de grote volumes water. In de hedendaagse glastuinbouw zijn enkele teeltsystemen met grote volumes water zonder ontsmetting – de eb/vloed systemen, maar deze gewassen hebben veelal weinig problemen met wortelziekten. De 'weerbaarheidsstrategie' staat daarom nog in de kinderschoenen. Uit het weerbaarheidsonderzoek in grond- en substraatteelten zijn er factoren geïdentificeerd die invloed hebben op de ontwikkeling van pathogenen en uiteindelijke ziektedruk. Factoren zijn: zuurstofbeschikbaarheid, pH, organische stof, substraatstructuur (grof, fijn, waterdoorlatendheid), aanwezigheid van stoffen en microbiële leven (Wurff, 2011). Voor substraatloze systemen bestaan dergelijke correlaties nog niet.

Een eerste stap richting weerbare substraatloze systemen zou zijn het opsplitsen van de factoren:

1. Wortelontwikkeling (plantbehoefte)
2. Ziekteontwikkeling (levenscyclus van pathogeen en stimulerende of remmende factoren)
3. Infectiefactoren
4. hygiëne

Wortelontwikkeling:

Voor goede wortelontwikkeling en voedingsopname zijn pH en O₂ van cruciaal belang. De streefwaarden hiervoor zijn bekend, namelijk: pH 5-6,5 en zuurstof voorziening van 0,2 mg/uur/gram versgewicht wortels (water bevat maximaal 8 ppm zuurstof, wat tot 2 ppm te benutten is. Effectief is er dus 6 ppm opneembaar zuurstof na aeratie).

Ziekteontwikkeling

Temperatuur moet lager dan 25 °C zijn om infectie te voorkomen.

Voedingsstoffen (kleine suikers)

- Mycorrhiza
- Voeding (afharden met K of hogere EC)
- Mn problemen bij snoei – ook ondergronds sterft er dan iets af, waardoor populaties pathogenen groeien en infectueus kunnen worden.

Infectiefactoren

Temperatuur: < 25 °C

Zuurstofarme plekken

Plekken met voedingsonbalans (slechte verversing)

Continu natte wortelhals – te weinig zuurstof rond de basis van de wortels.

Hygiëne

- vrij houden van introductie van pathogenen (aaltjes, ziekten)

- vrij houden van licht om algengroei te voorkomen. Algen verlagen de zuurgraad tot pH 3,5, nemen veel voedingszouten op waardoor de voedingsmix in onbalans raakt voor het gewas en algen halen veel zuurstof uit het water door de grote afsterving en ademhaling in het donker.

6.4.1 Systemen voor waterberging

Gangbare systemen voor waterberging, bijvoorbeeld opslag in open water, kunnen door aanpassingen zoals het plaatsen van dammen tijdelijk meer water gaan bergen. In gebieden met veel open water zijn drijvende foliereservoirs een goede en goedkope oplossing. Lekkage kan optreden door knaagdiervraat. De combinatie van een drijvend foliereservoir in een afgedamd water geeft extra mogelijkheden voor gescheiden opslag van verschillende kwaliteiten water.

Hoewel de investeringskosten van een foliebassin lager zijn dan voor een silo zijn de jaarkosten per m³ inhoud van de silo lager dan van het foliebassin. Door een groter beslag op grond van het foliebassin is er sprake van een hogere opbrengstderving. Hoewel de investeringen van een tank hoog zijn, zijn de jaarkosten veel lager dan van een foliebassin en een silo. Een betonnen reservoir is duur en zal slechts bij uitzondering worden gebruikt. Voor de berging van schoon regenwater kan het zinvol zijn om een berging op gebiedsniveau aan te leggen.

Innovatieve systemen met een verhoogde teeltvloer lijken perspectiefvol op draagkrachtige gronden. Een drijvende teeltvloer is een geschikt systeem voor de weinig draagkrachtige gronden met veel oppervlakte water, maar de jaarkosten van dit systeem zijn hoog. De innovatieve systemen met opslag in holle ruimten zijn geschikt voor opslag van recirculatiewater. Voorbeelden hiervan zijn Waterblock, Nydaplast, Klimrek Buffer en Hollands Waterbuffer. De jaarkosten van deze systemen zijn ongeveer gelijk aan het foliebassin. De jaarkosten van de Hollandse Waterbuffer zijn wel duidelijk hoger. Het systeem Klimrek Buffer heeft als nadeel dat de waterberging niet als calamiteitenberging kan worden ingezet. Deze nadelen gelden eveneens voor de drijvende reservoirs in het normale open water. Opslag in waterzakken is in het verleden toegepast maar door lekkage, o.a. ontstaan door knaagdieren, staat HH van Rijnland gebruik niet meer toe.

Een aantal van de beschreven systemen leent zich ook voor het aanbieden van blauwe diensten. Of er werkelijk sprake is van een blauwe dienst hangt af van de grootte van de gerealiseerde opslag t.o.v. de verplichte opslag.

7 Duurzaamheid van de systemen

In H 1 t/m 6 is aandacht besteed aan plantkundige aspecten van de systemen. Echter de systemen als geheel zijn moeten toepasbaar zijn in de huidige praktijk. Om die reden is ook de maatschappelijke en economische functionaliteit van de systemen van belang. In dit hoofdstuk worden de belangrijkste systeemeisen met betrekking tot duurzaamheid beschreven.

Voor de duurzaamheid wordt er gekeken naar de sociale-, economische- en milieukundige duurzaamheid. Vaak worden hier termen People, Planet en Profit voor gebruikt. In dit hoofdstuk worden deze aspecten kwalitatief besproken.

Tabel Functies en eisen (Vermeulen, 2011)

Duurzaamheid	Categorie	Systeemeis
People	Maatschappelijke acceptatie	Esthetische waarde (ruimtelijke ordening)
	Consument	In te vullen op basis van nader onderzoek
	Voedselveiligheid	Voedselveiligheid
Planet	Arbeid	Beter dan in de huidige situatie
	Milieu	Voedingsstoffen
		Gewasbeschermingsmiddelen
		Watergebruik
Profit		Duurzame materialen
	Bedrijfskundig	Rentabiliteit
		Terugverdientijd
		Leeftijd / Duurzaamheid
		Robuustheid
		Opschaalbaarheid
	Producteisen	Kwaliteit

7.1 Sociale duurzaamheid (People)

Hoe past een nieuw teeltsysteem in de omgeving en hoe worden de producten geaccepteerd door de kopers. Een belangrijk onderscheid dat hierbij gemaakt kan worden is voedsel- versus niet-voedselgewassen. De acceptatie van de producten uit een Tdgu systeem door de afnemer is heel belangrijk. Dit speelt met name bij voedselgewassen. Een aantal jaren geleden leidde het slechte imago van de Nederlandse tomaat ('Wasserbombe', waar ten onrechte de substraatteelt als oorzaak werd aangewezen) in Duitsland tot een sterke daling in de afzet.

Daarnaast valt onder de sociale duurzaamheid ook de kwaliteit van de arbeid en de arbeidsomstandigheden.

7.2 Milieukundige duurzaamheid

Een belangrijk onderdeel van de milieukundige duurzaamheid is de emissie van voedingsstoffen en gewasbeschermingsmiddelen.

De verwachting is dat in de toekomst de beschikbaarheid van kwalitatief goed water in steeds meer gebieden een probleem gaat vormen. Dit zal leiden tot hogere kosten voor de aanvoer van voldoende kwalitatief goed water. Efficiënt watergebruik levert dus ook economisch voordeel op.

In Tdgu-systemen worden verschillende materialen gebruikt waaronder vele soorten kunststof maar ook substraat. Hoe kan op een duurzame wijze met de kunststofmaterialen worden omgegaan of kunnen deze materialen worden vervangen door b.v. afbreekbare materialen.

De tot op heden gebruikte substraten zijn veelal gemaakt op basis van veenproducten. Een belangrijk deel van

het veen is afkomstig uit de Baltische staten. Er is een discussie over de snelheid waarmee afgegraven veen weer aangroeit en hoe het landschap zich weer herstelt. Het is echter duidelijk dat veen een eindige grondstof is. In Engeland is er met name een trend dat men het veengebruik wil terugdringen. Er is een streven dat op korte termijn alleen 'peat free' boomkwekerijproducten verhandeld mogen worden. Indien deze maatregel van kracht wordt heeft dit grote invloed op de Nederlandse boomkwekerij.

De grote vraag is welke duurzame alternatieven zijn beschikbaar om het veengebruik terug te dringen?

7.3 Economische duurzaamheid

De rentabiliteit staat bij ondernemers bovenaan bij de ontwikkeling van een nieuw teeltsysteem. Deze rentabiliteit speelt een belangrijke rol bij de continuïteit van de bedrijfsvoering.

Uiteraard zijn ondernemers ook geïnteresseerd in de andere duurzaamheidsaspecten. De rentabiliteit staat bij de meeste ondernemers echter boven aan. De uitdaging is de sociale- en milieukundige – duurzaamheid te verbeteren op een wijze dat ook de economische duurzaamheid wordt verbeterd.

In 2011 wordt in een vervolgproject de duurzaamheid van Tdgu teeltsystemen kwantitatief beoordeeld.

8 Referenties

- Aendekerck. Goed gietwater voor de boomkwekerij. Bemestingswijzer boomkwekerijgewassen.
- Blok C., Vermeulen T. (2011) Systems design methodology to develop chrysanthemum growing systems. *Acta Horticulturae* In press Conference paper ISHS, Lisbon, 2010.
- De Boer P., Marcelis L. (2009) Verlengen van daglengte stimuleert groei, *Energie* 2020.
- DEWAR R.C. (1996) The Correlation between Plant Growth and Intercepted Radiation: An Interpretation in Terms of Optimal Plant Nitrogen Content. *Ann Bot* 78:125-136. DOI: 10.1006/anbo.1996.0104.
- Dijkstra J. (1991) De teelt van blauwe bessen, cranberries en vossenbessen. , Informatie en kennis centrum akker- en tuinbouw, afdeling fruitteelt, proefstation voor de fruitteelt, Wilhemina dorp.
- FAO. (2002) Deficit irrigation practices, Food and agricultural organization of the united nations. .
- Heijerman-Peppelman G., Roelofs P.F.M. (2010) Kwantitatieve informatie fruitteelt 2009/2010, *Praktijkonderzoek Plant & Omgeving*.
- Hodges T., Johnson S.L., Johnson B.S. (1992) A Modular Structure for Crop Simulation Models: Implemented in the SIMPOTATO Model. *Agron. J.* 84:911-915. DOI: 10.2134/agronj1992.00021962008400050027x.
- Hoogenboom G. (2000) Contribution of agrometeorology to the simulation of crop production and its applications. *Agricultural and Forest Meteorology* 103:137-157.
- Jones H.G. (1992) *Plants and microclimate : a quantitative approach to environmental plant physiology* Cambridge University Press, Cambridge.
- Jurgens R., Appelman W., Kuipers N., Feenstra L., Creusen R., Os E.A.v., Bruins M., Balendonck J. (2010) *Glastuinbouw Waterproof ; zuiveringstechnieken restant- water substraatteelt. WP5: Haalbaarheidstudie.*
- Ludeking D. (2011) Schema met teeltsystemen en ziektegevoeligheid.
- Maas F.M. (1999) Controlling excessive stem elongation in pot and bedding plants. Looking out for alternatives to chemical growth retardants. *FlowerTECH* 2:42-45.
- Maas F.M., Bakx E.J. (1997) Growth and flower bud development of roses as affected by light. . *Acta Horticulturae* 418:127-134.
- Maas F.M., Bakx E.J., Morris D.A. (1995) Photocontrol of stem elongation and dry weight partitioning in *Phaseolus vulgaris* L. by the blue-light content of photosynthetic photon flux. *Journal Plant Physiology* 146:665-671.
- Maas F.M., Van Hattum J. (1998) Thermomorphogenic and photomorphogenic control of stem elongation in *Fuchsia* is not mediated by changes in responsiveness to gibberellins. *Journal Plant Growth Regulation* 17:39-45.
- Marcelis L.F.M., Maas F.M., Heuvelink E. (2002) The latest developments in the lighting technologies in Dutch horticulture. *Acta Horticulturae* 580:35-42.
- Parry M.L. (1990) *Climate Change and World Agriculture* Earthscan Ltd. , London.
- Raviv M., Lieth J.H. (2008) *Soilless culture* Elsevier, USA.
- Schapendonk A.H.C.M. (1996) Marges voor watergebruiksefficientie bij veldgewassen. *Witte revolutie, naar efficiënter watergebruik : internationale landbouwdag*:17-28.
- Sonneveld, Voogt. (2009) *Plant Nutrition of Greenhouse Crops* Springer publisher, Dordrecht.
- Swinkels G.L.A.M., Swart H.F.d. (2002) Optimaal gebruik van CO₂ in de glasgroenteteelt, *IMAG*. pp. 32.
- TNAU. (2008) *Agrometeorology: Relative Humidity and crop growth*, TNAU Agritech portal, Tamil Nadu Agricultural University, Coimbatore.
- Vermeulen T. (2009) Literatuurstudie chrysant los van de grond. Met specifieke aandacht voor de case MobyFlowers., Wageningen UR Greenhouse Horticulture, Bleiswijk.
- Visser P.D., Blok C., Vermeulen T. (2010) *Substraatbedden chrysant - achtergrondstudie naar de rol van wortels.* , Wageningen UR Greenhouse Horticulture, Bleiswijk,.
- Wertheim S.J., Tromp J. (2006.) Hoofdstuk 19. Regeling van groei en ontwikkeling door bioregulatoren, in: J. Tromp, et al. (Eds.), *Grondbeginselen van de fruitteelt*, Backhuys Publishers, Leiden. pp. 291-321.
- Wolfe D.W. (1995) Potential Impact of Climate Change on Agriculture and Food Supply
- Wurff A. (2011) Natuurlijke ziekteonderdrukking in grondteelten: model, weerbaar telen en nieuwe substraten. *Gewasbescherming* 42:164 - 168

Bijlage 1. Overzicht waterontsmetting in recirculatie systemen

Methoden of technieken	Techniek/werkzame stof	Afdoding	Concentratie/in werktijden of dosering	Voordelen	Nadelen	Websites
Verhitting		Alle organismen	30 sec. 95°C 3 min. 85°C (20% minder energieverbruik)	Betrouwbaar en bedrijfszeker. Onafhankelijk van een dosering.	Energie en kapitaal intensief.	http://documents.plant.wur.nl/wurglas/artikelen/2010/Waterzuivering.pdf http://www.pcsierteelt.be/hosting/pcs/pcs_site.nsf/0/24813838411a0776c125726700328828/\$FILE/Verhitting.pdf
UV-C (Vialux)	Hoge druk, lage druk, regelbaar. In combinatie met ozon, waterstofperoxide, Bactokil	Virussen (totale ontsmetting)	250 mJ/cm ² (HD)	Betrouwbaar en bedrijfszeker. Onafhankelijk van een dosering.	Dure aanschaf, regelmatig onderhoud nodig.	http://www.priva.nl/eCache/DEF/3/004.c2VOTWFya3Q9MSZzZXRBcmVhPS0x.html http://www.hortimax.com/4/3/25/nl/producten/water/vitalite-500.html http://www.pb-techniek.nl/UV.html http://www.infatechniek.nl/html/producten/producten_pagina.html http://www.bactokil.com/
		Schimmels, bacteriën	80 mJ/cm ² (HD)			
		PepMV	150 mJ/cm ² (HD)			
		Wortellexudaten, huminezuren om groeiremming te voorkomen				

Methode of techniek	Techniek/werkzame stof	Afdoding	Concentratie/in werktijden of dosering	Voordelen	Nadelen	Websites http://documents.plant.wur.nl/wurglas/artikelen/2010/Waterzuivering.pdf
Filtratie	Langzaam zandfilter	Pythium en Phyttophthora	Korrelgrootte 0,15-0,35 mm. 100-300 l/m2/uur	Goedkoop, eenvoudig, gemakkelijk. Onafhankelijk van een dosering.	Kans op verstopping, onderhoud nodig, beperkte capaciteit, niet effectief tegen alle pathogenen en plagen	
	Ultrafiltratie (micro, ultra en reverse osmosis)	Fusarium, Phyttophthora, ToMV (onderzoek 1988)	Filtret < 1 µm	Filtret alles. Onafhankelijk van een dosering.	Betrouwbaar, duur, brijn, meststoffen worden ook uitgefilterd	http://www.lenntech.nl/nanofiltratie_-_omgekeerde_osmose.htm http://www.hatenboer-water.com/branche/default.asp?bid=3#RO
Chemisch (systemen)	Aquanox (KCl)	Nog niet vastgelegd,	1 – 10 ppm	Nog geen bewezen technologie, lijkt goed, geen chemisch residu (KCl), wel natrium opbouw als NaCl wordt gebruikt)	Corrosief, dosering afhankelijk van vervuiling en ziektedruk. Reactie met alle organische stof, voor filtratie is wenselijk. Dosering is moeilijk.	http://www.horticoop.nl/Home/Techniek/Watertechniek/Aquanox/tabid/517/Default.aspx http://www.rvot.nl/aquanox.htm http://www.vakbladvoordebloemisterij.nl/pdf/c9330242e2deedff1b00c50902291c4f.pdf

Methode of techniek	Techniek/werkzame stof	Afdoding	Concentratie/in werktijden of dosering	Voordelen	Nadelen	Websites
	ECA water (Electro Chemical Activated water) (ATS B.V., Brinkman), Lenntech, Ecolyt, Aquastel, Anolyte, NOW (Agrazone), Satter	Wordt in vervolgproject aquanox erbij betrokken	?	Nog geen bewezen technologie, lijkt goed, geen chemisch residu (KCl), wel natrium opbouw als NaCl wordt gebruikt)	Dosering afhankelijk van vervuiling en ziektedruk. Reactie met alle organische stof, voor filtratie is wenselijk. Dosering is moeilijk.	http://documents.plant.wur.nl/wurglas/artikelen/2010/Waterzuivering.pdf http://www.lenntech.com/ http://www.agro-technical.com/downloads/ned/pdf_ned5.pdf http://www.aquastelinc.com/ http://www.anolytech.se/engelska/index_eng.htm http://www.ecolyt.com/#Home
	Aquahort (Koper ionisatie), zilver ionisatie	Wordt ingezet tegen Pseudomonas in Orchidee, Pythium en Phytophthora. Persistente organismen worden niet gedood.	2 ppm	Goedkoop en eenvoudig. Weinig onderhoud.	Kans op koper overmaat. Dosering afhankelijk van vervuiling en ziektedruk. Reactie met alle organische stof, voor filtratie is wenselijk. Dosering is moeilijk.	http://www.aqua-hort.dk/ http://www.hatenboer-water.com/branche/product.asp?bid=3&pid=54 http://www.karobv.nl/Aqua_Hort.html http://aquaionsystems.com/horticulture.html

Methode of techniek	Techniek/werkzame stof	Afdoding	Concentratie/in werktijden of dosering	Voordelen	Nadelen	Websites http://documents.plant.wur.nl/wurglas/artikelen/2010/Waterzuivering.pdf
	Ozon			Weinig toegepast, niet bedrijfszeker	Instabiel en weinig oplosbaar in water. Reactie met alle organische stof, voor filtratie is wenselijk	
	Chloordioxide (Prominent)	Bacterien, schimmels	0,1-1 ppm (toegevoegd aan gietwater orchidee)	Veel toegepast tegen bacterie problemen. Geen natriumophoping.	Dosering is moeilijk. Reactie met alle organische stof, voor filtratie is wenselijk. Dosering is moeilijk.	http://www.prominent.nl/desktopdefault.aspx/tabid-3857/125_read-7816/

Methode of techniek	Techniek/werkzame stof	Afdoding	Concentratie/in werktijden of dosering	Voordelen	Nadelen	Websites
Chemisch (middelen)	Natriumhypochloriet (chloorbleekloog)	Schimmels (conidien) – niet volledig voor Fusarium? bacterien	5-15 ppm (20 ppm gaf schade in tomatengewas op steenwol)	Goedkoop, simpel, veel gebruikt.	Natrium opbouw in water, pH afhankelijk, Kans op schade, dosering moeilijk. Reactie met alle organische stof, voor filtratie is wenselijk.	http://documents.plant.wur.nl/wurglas/artikelen/2010/Waterzuivering.pdf
	Waterstofperoxide of aanverwante middelen Horti-clean, Jet 5, Reciclean	Schimmels (conidien) bacterien	20 ppm	Goedkoop, simpel, veel gebruikt.	Zeer instabiel. Zuren nodig ter stabilisatie daardoor pH verlaging. Dosering is moeilijk.	http://documents.plant.wur.nl/wurglas/14-15-grf48.pdf http://www.certiseurope.nl/binarydata.aspx?type=doc/Jet%205%20etiket%202010.pdf http://www.horticoop.nl/Portals/0/Horticoop-Techniek/Reciclean.pdf
	Chloordioxide (Twinoxide, Dutrion)	Bacterien, schimmels	0,1-1 ppm (toegevoegd aan gietwater)	Geen dure installatie nodig. Veel	Onzuiverheden . Kans op schade,	http://www.dutrion.com/en/index.html http://www.twinoxide.com

Methode of techniek	Techniek/werkzame stof	Afdoding	Concentratie/in werktijden of dosering	Voordelen	Nadelen	Websites http://documents.plant.wur.nl/wurglas/artikelen/2010/Waterzuivering.pdf
			orchidee)	toegepast tegen bacterie problemen. Geen natriumophoping.	dosering moeilijk. Reactie met alle organische stof, voor filtratie is wenselijk.	/