Proefstation voor Bloemisterij en Glasgroente
Vestiging Naaldwijk
Postbus 8, 2670 AA Naaldwijk
Tel. 0174-636700, fax 0174-636835

ISSN 1385 - 3015

MOGELIJKHEDEN VAN WATERGIFTSTARTSYSTEMEN

Beoordeling en verbetering van startbakken en andere watergiftstartsystemen

Project 2.809

Chr. Blok
R. de Graaf
Naaldwijk, maart 2000

Rapport 263
Prijs *f* 20,00

Rapport 263 wordt u toegestuurd na storting van *f*20,00 op banknummer 300 177 976 ten name van Proefstation Naaldwijk onder vermelding van 'Rapport 263, Mogelijkheden van watergiftstartsystemen '.

INHOUD

SAMENVATTING			5
1.	INLEIDING		7
2.	ACHTERGROND		8
	2.1	Kringlopen	8
	2.2	Modellen	9
	2.3	Meetstrategie	10
	2.4	Startbaksystemen	10
	2.5	Meetmethoden	17
3.	BESPREKING		20
	3.1	Bespreking	20
	3.2	Aanbevelingen	22
LITERATUUR			23
BIJLAGE 1.		Specificaties	24
BIJLAGE 2.		Overzicht meetmethoden	25

SAMENVATTING

Dit verslag is gemaakt om de mogelijkheden en beperkingen van bestaande startbakken in kaart te brengen. Het verslag beperkt zich niet tot meetsystemen met een bak of metalen goot. Zoveel mogelijk watergiftstartsystemen worden behandeld.

Het doel was een algemene omschrijving van een watergiftstartsysteem in termen van:
- De minimaal te meten waarden om het startmoment te bepalen.
- Het minimale aantal herhalingen van één meting om verstoringen op te merken.
- De vereiste nauwkeurigheid van de metingen.

Wie de watergift zo ver mogelijk wil automatiseren heeft negen directe metingen en twee modelwaarden nodig. Het gaat dan om metingen van aan- en afvoervolume, substraatwatergehalten en EC en pH in aanvoer, drain en substraat. De modellen zijn een verdampingsmodel en een – nog verder te ontwikkelen - voedingsverbruiksmodel.

Uit de verschillen tussen individuele metingen is met een rekenregel bepaald hoeveel maal een meting herhaald moet worden om tot een betrouwbaar gemiddelde te komen. Door metingen te herhalen kunnen defecten door een computer geconstateerd worden. Onderhoud van meters kan preventief plaatsvinden.

De vereiste nauwkeurigheid van de metingen ligt meestal tussen 1% en 5%.

Er wordt aanbevolen de verdere ontwikkeling van startbakken aan de markt over te laten. Onderzoek naar een wezenlijke verbetering van startsystemen lijkt op zijn plaats. Een vernieuwd geautomatiseerd startsysteem volgens het concept in dit verslag kan, analoog aan de klimaatregeling, werken met setpoints voor substraatwatergehalte en EC. Afwijkende meters, lekken en achterblijvende verdamping worden gemeld.

Trefwoorden: startbak, watergiftstartsysteem, EC, pH, drain, verdamping, water

1. INLEIDING

In de tuinbouw worden startbakken gebruikt om automatisch op een juist moment water te geven. Om het substraatvochtgehalte te wegen of om drainwater op te vangen wordt het substraat meestal in een aparte bak gelegd. Startbak is een verzamelterm geworden voor een wisselend aantal meters die rond één of enkele planten en substraateenheden worden geplaatst (Van der Burg en Van der Knaap, 1986). De meetwaarden bepalen het juiste moment om een watergift te starten. Daar waar een computer wordt gebruikt om de meetwaarden te beoordelen, wordt meestal een apart startprogramma voor de watergift gebruikt, los van de klimaatregeling.

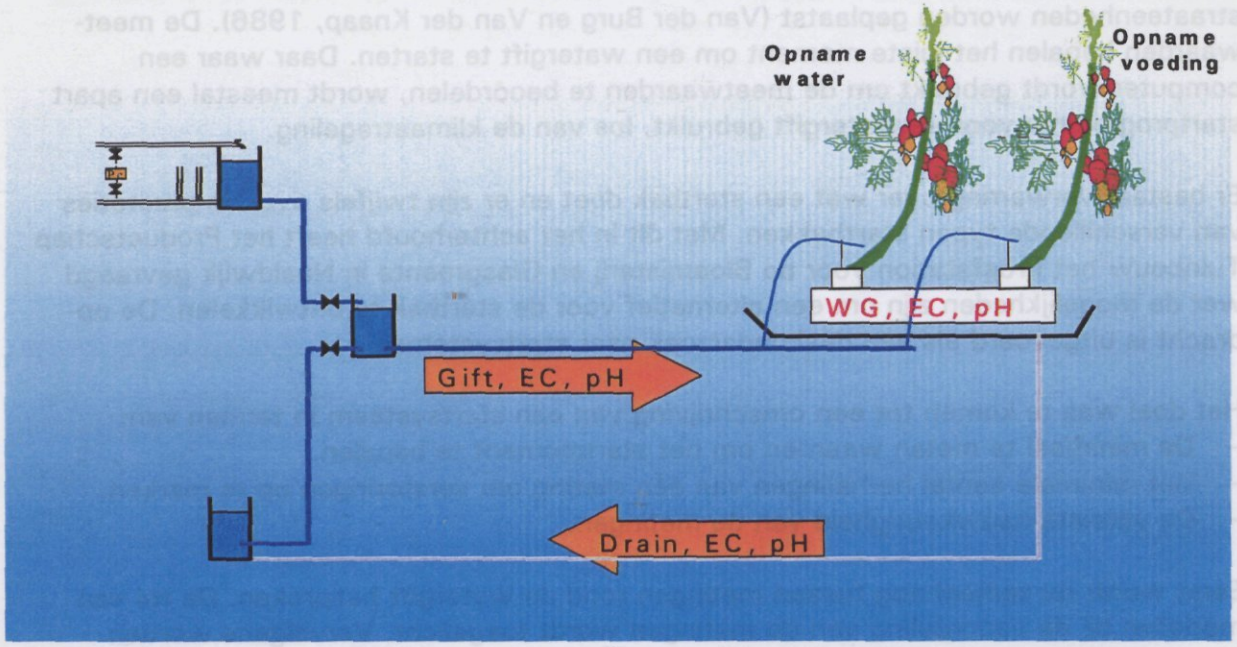
Er bestaat verwarring over wat een startbak doet en er zijn twijfels over de prestaties van verschillende typen startbakken. Met dit in het achterhoofd heeft het Productschap Tuinbouw het Proefstation voor de Bloemisterij en Glasgroente in Naaldwijk gevraagd wat de mogelijkheden zijn om een alternatief voor de startbak te ontwikkelen. De opdracht is uitgevoerd als een deskonderzoek naar startsystemen.

Het doel was te komen tot een omschrijving van een startsysteem in termen van:
- De minimaal te meten waarden om het startmoment te bepalen.
- Het minimale aantal herhalingen van één meting om verstoringen op te merken.
- De vereiste nauwkeurigheid van de metingen.

Eerst wordt de samenhang tussen metingen rond de watergift besproken. De rol van modellen bij de beoordeling van de metingen wordt toegelicht. Vervolgens worden verschillende meetstrategieën besproken. De bestaande startbakken worden daarna per werkingsprincipe beschreven en niet per merk of type. Het begrip startbak is breed opgevat, waardoor ook watergiftstartsystemen die zonder bak werken, beschreven worden. Na een overzicht van het nog steeds groeiende aantal meetmethoden volgt een bespreking. In de aanbevelingen wordt gekozen voor verdere innovatie en niet voor verdere optimalisatie van watergiftstartsystemen.

2. ACHTERGROND

2.1 KRINGLOPEN



Figuur 1 - Kringloop van water en voeding

Figuur 1 toont een eenvoudig overzicht van de waterkringloop en de voedingskringloop. In de glastuinbouw worden water en voeding tegelijk gedoseerd. De kringlopen zijn verweven. Startbakken maken vaak alleen de waterkringloop sluitend. Het is mogelijk dat bij een sluitende waterkringloop de voedingskringloop verstoord is.

Tabel 1 toont rekenvoorbeelden van situaties met voldoende wateraanvoer en onverwacht grote effecten op de voedingstoestand in het substraat. De aanvoer, afvoer en opname van voeding wordt uitgedrukt in milligram voedingszouten. De opname van de plant in milliliter water en milligram voeding is voor alle vier situaties gelijk.

Tabel 1 - Rekenvoorbeeld van de gevolgen van kleine EC-verschillen in de aanvoer voor vier situaties

situatie	EC-gift	drain	water gift	water opname	water overgift[1)]	voeding gift	voeding opname	voeding overgift[1)]	EC-overgift[2)]
	dS/m	%	ml	ml	ml	mg	mg	mg	dS/m
1	3.5	30	143	100	43	501	300	20	4.7
2	2.5	30	133	100	33	358	300	58	1.3
3	2.9	5	105	100	5	305	300	5	0.9
4	3.2	5	105	100	5	336	300	36	7.2

[1)] Overgift is de hoeveelheid water of voeding die gegeven is boven de door de plant opgenomen hoeveelheid. Alleen in watercultuur is dat gelijk aan de term "drain".

[2)] Voor de omrekening van EC naar milligram geldt globaal EC*milliliter = aantal milligram zout (Van den Bos, 1989).

Overgift is de hoeveelheid water of voeding die extra wordt aangeboden boven de opname door de plant. In teelten zonder substraat is de overgift gelijk aan de drain. In substraat mengt de overgift maar beperkt met de in het substraat aanwezige voorraad water en voeding (Van der Meer, 1997). Drainwater is vooral door de overgift verdrongen voorraad. De drain-EC kan daarom afwijken van de EC in de overgift.

Situatie 1 en 2, in Tabel 1, tonen de gevolgen van een verschil in de EC van de aanvoer en situatie drie en vier tonen de gevolgen van een verschil in gerealiseerde drain. De hoofdreden om drain in te stellen, is gelegen in de grote verschillen in verdamping tussen individuele planten (De Graaf en Esmeijer, 1998). Er wordt naar gestreefd de planten met de sterkste verdamping van genoeg water te voorzien. Een te lage gift kost namelijk productie, terwijl dat voor een te hoge gift niet of nauwelijks het geval is (Adams, 1990). Bij een normaal drainpercentage, bijvoorbeeld 30%, fluctueert de EC in de overgift niet sterk. Bij een laag drainpercentage, bijvoorbeeld 5%, kan de EC in de overgift snel dalen of oplopen.

Om de kringloop van water en voeding in Figuur 1 te bewaken moet minimaal aanvoer en afvoer bij de plant worden gemeten en beoordeeld. Dat zijn zes metingen, te weten volume, EC en pH van de gift en volume, EC en pH van de drain. De opname door de plant wordt berekend door de aangevoerde hoeveelheden water en voeding te verminderen met de afgevoerde hoeveelheden. Voor water is de berekende waarde een optelsom van verdamping door de plant, groei van de plant, buffervorming in het substraat, verdamping uit het substraat en mogelijke lekverliezen. Voor voeding gaat het om groei van de plant, buffervorming in het substraat en lekverliezen.

De op deze manier verkregen waarden moeten worden vergeleken met één of meer onafhankelijke andere metingen van de opname. Deze controle is nodig om afwijkingen door lekkages, zieke planten en dergelijke op te merken, een voorwaarde voor veilige automatisering van de watergift. Dit kan door metingen op verschillende plaatsen te herhalen of door de opname door de plant op een tweede manier te meten. Sap flowmeting is een mogelijkheid. Een andere beoordeling is het vergelijken met een geschat plantverbruik door een model.

2.2 MODELLEN

Een model is een schatting van een in de tijd wisselende factor uit een aantal meetgegevens. Bijvoorbeeld de verdamping geschat uit de straling en stookinvloed (De Graaf, 1988). Een model kan niet op zichzelf worden gebruikt. Kleine, maar terugkerende fouten in de schatting zorgen voor een steeds grotere afwijking van het model met de werkelijkheid. Bij een model horen controlemetingen waarmee het model zichzelf, binnen grenzen, aan kan passen.

De waarde van een model, boven een directe schatting van de opname van water of voeding, ligt in een leereffect en de mogelijkheid te voorspellen. Zo leert de gebruiker in welke mate de verdamping na bespuitingen afneemt of dat het gietsysteem is gaan lekken (De Graaf en Spaans, 1989). Een model laat als het ware zien hoe het gewas zou moeten presteren. Een model is echter niet beter dan de algemene teeltkennis van de datum van de laatste update!

Voorspellingen zijn waardevol als bouwsteen voor oogstvoorspellingen en ketenbeheer (Haverkort en Marcelis, 1999). Bovendien kan voorkomen worden dat twee regelingen, bijvoorbeeld de waterkringloop en de voedingskringloop, op elkaar in gaan werken. Een voorspellend model kan de teler veel dagelijkse beslissingen uit handen nemen. De teler beslist welke vocht- en voedingstoestand gewenst is. Binnen door de teler opgegeven grenzen mag het model regelen. De setpoints kunnen vast ingesteld worden, maar het is ook mogelijk per dag of per seizoen een verloop in te stellen.

2.3 MEETSTRATEGIE

De basisgedachte van de waterbalans is dat wordt aangevuld wat de plant verbruikt. Met dat als uitgangspunt zijn de startbakken ontworpen. Uitgaande van schema 1 blijkt dan dat er vrij veel controlemetingen nodig zijn. Het is echter niet het enig mogelijke uitgangspunt.

Wie zich afvraagt welke grootheden in Figuur 1 minimaal in orde moeten zijn om de plant te laten groeien vindt een verassend antwoord. Zolang het gehalte aan water en voeding rond de wortels optimaal is en blijft, is kennis van de kringlopen van water en voeding niet strikt noodzakelijk. Een systeem gebaseerd op watergehalte, EC en pH in het substraat kan de basis van de automatisering van de watergift zijn (Disco, 1999)! Informatie over het plantverbruik ontbreekt dan geheel maar alle grootheden die de plant door zijn wortels direct ervaart worden bewaakt. Een dergelijk systeem kan niet beoordelen of de opname aan water en voeding door de plant past bij de teeltsituatie. Een tweede nadeel is dat correcties op EC en watergehalte elkaar beïnvloeden, waardoor soms de drainhoeveelheid per beurt fluctueert. De regeling is dan onstabiel.

In dit verslag wordt de meting van watergehalte, EC- en pH van het substraat beschouwd als een onmisbare beveiliging van automatische watergiftstartsystemen. Er wordt echter afgeraden systemen te kiezen die alleen de substraatwaarden en eventueel het drainpercentage bewaken. De al genoemde voordelen van het werken met modellen wegen op tegen de benodigde extra metingen.

2.4 STARTBAKSYSTEMEN

Er worden enkele tientallen startbaksystemen aangeboden. De vijf basissystemen die hier genoemd worden zijn een mix van meet- en regelelementen die niet noodzakelijkerwijs samen aangeboden hoeven te worden. Vaak kan een teler een systeem naar eigen inzicht uitbreiden. Naast de startbak blijken veel telers de computer te gebruiken om extra regels voor de watergift op te geven. Voorbeelden zijn: start- en stoptijden, het maximale interval boven een vaste stralingsgrens en beurten op tijd.

Ruimtelijke spreiding
Bijna alle systemen meten aan enkele planten en gebruiken de meting als maat voor het hele kasoppervlak. Dat stelt hoge eisen aan de plaats van de meetopstelling. De verschillen in verdamping tussen individuele planten zijn groot, 50% verschil is niet ongewoon (De Graaf, 1988). Bij een standaardafwijking in verdamping per plant van 10% geldt dat bijna veertig procent van de planten meer dan 10% boven of onder het gemiddelde ligt. Er zijn dan voor een betrouwbare meting 40-50 planten nodig[1]. Voor

[1] Als bekend is welke verschillen tussen individuele metingen voorkomen, is met een rekenregel of statistische tabel te bepalen hoeveel waarnemingen nodig zijn om met een bepaalde kans

een systeem met acht planten per bak gaat het dan om vijf tot zes bakken. In de tuinbouw zijn twee bakken per hectare of per teeltruimte gebruikelijk met afhankelijk van het gewas vier tot tien planten.

Spreiding in het substraat
Veel metingen zoals FD- en TDR-vochtmeters, meten een beperkt deel van een substraateenheid. Voor een betrouwbaar gemiddelde zijn 25-50 metingen per hectare nodig[2]. De plaats van de meetkop moet aan veel eisen voldoen (Van Gurp, 1997).

Vergelijkbaarheid
De meetopstelling moet een afspiegeling zijn van de teelt. In veel gevallen komt het aantal planten of het aantal druppelaars of het aantal plantkoppen per substraateenheid in de meetopstelling niet overeen met de situatie in de teelt. Meestal is dit het gevolg van uitval gedurende een teelt (De Graaf, 1999).

Vertraging drain
De drainmeting bij startbakken wordt gedaan aan een klein volume en is gevoelig voor uitval zoals hierboven beschreven. De drainmeting is wel snel na een beurt afgerond, waardoor er per beurt informatie over de drain is. Een aantal telers gebruikt een drainmeting over een afdeling of over het gehele bedrijf. Deze meting geeft in beginsel een betrouwbaar gemiddelde. De meting is echter gevoelig voor lekken, ijlt na en is een meting in enkelvoud. Het naijlen is een gevolg van het geringe afschot van het drainagestelsel. Het duurt wel twee uur voor alle drain van één beurt is teruggevloeid (Vreugdenhil en Gieling, 1998). In die tijd kunnen al vele beurten gegeven zijn, waardoor het uitrekenen van een drainpercentage per beurt bemoeilijkt wordt.

Meten in enkelvoud
Het meten in enkelvoud over een afdeling heeft als nadeel dat afwijkingen onopgemerkt blijven. Afwijkingen zijn: lekken, druppelaars die naast de pot hangen, verdamping vanuit het substraat, druppelwater dat van de pot afrolt, plekken met zieke planten en dergelijke.

Wortels
Bijna alle substraatwatergehalte-metingen rekenen het gewicht aan wortels mee als watergehalte. Dit betekent een overschatting van het watergehalte van 5-25%. Alleen de niveaumeting via een capillaire verbinding meet de wortelmassa niet mee.

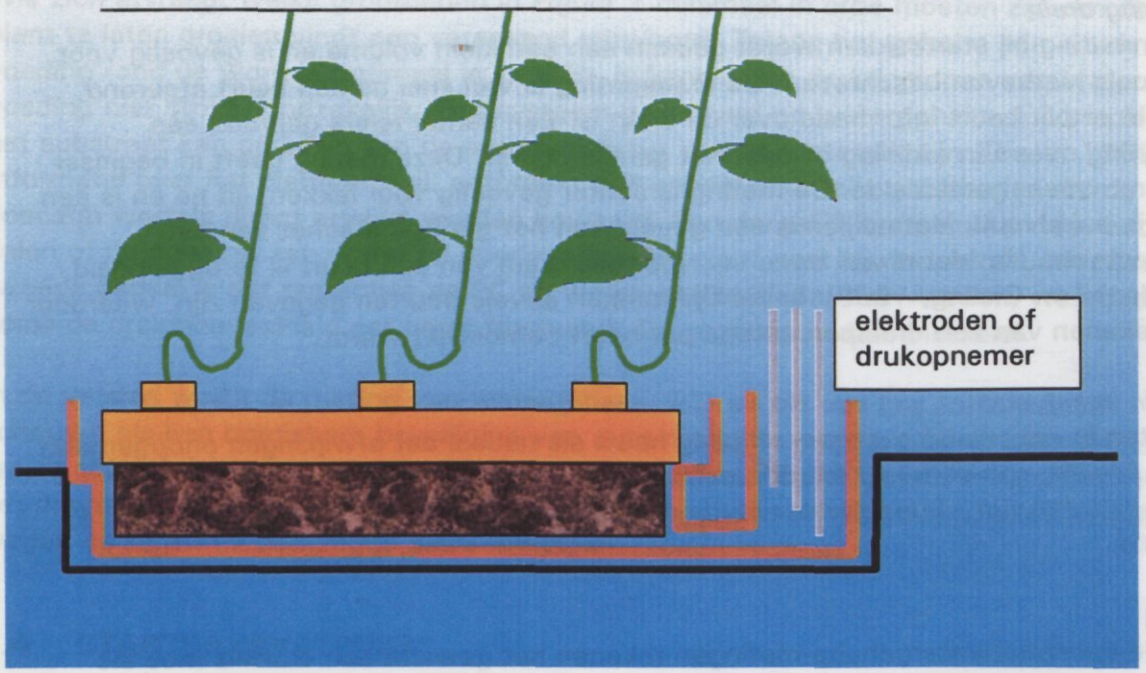
1. **Capillaire verbinding of flap; hoogtemeting en drainmeting**
   Het substraat is door middel van een capillair medium als een doek of plug verbonden met een reservoir waarin een laag water staat. De plant zuigt, via het substraat en het capillaire medium, water naar behoefte uit de ondergoot. Het waterpeil in de ondergoot wordt met elektroden bewaakt. Zakt het waterpeil in de ondergoot tot net onder de regelgrens, dan volgt een beurt. Andere elektroden kunnen de beurt stoppen of een alarmgrens bewaken. Het alarm waarschuwt als door technische storingen te veel of te weinig water wordt gegeven. De hoeveelheid drain die wegloopt via een overstort wordt gemeten met een lepelteller, slangenpomp of weegschaal.

---

binnen een gekozen marge van de werkelijk waarde uit te komen. In dit geval is de standaardafwijking op de meting 10%, de acceptabele marge 5% en de kans 90% (Oude Voshaar, 1994).
[2] Ook hier is de standaardafwijking tussen metingen 10% de marge 5% en de kans 90%.

Voordelen
De meting is snel omdat drain van slechts enkele planten wordt gemeten.

Nadelen
De planten op de meetbak hebben een ander wortelmilieu dan de planten in de kas waar ze model voor staan. Het verband tussen het waterniveau in de meetbak en het watergehalte in het substraat is niet strak. Hierdoor moet voor elke combinatie substraat-plant de streefinstelling proefondervindelijk bepaald worden. Bij sterke verdamping kunnen sommige substraten droger worden bij een constant waterniveau in de meetbak. Dit omdat een grotere waterdruk nodig is om het transport voldoende snel te laten verlopen (Van der Burg and Van der Knaap, 1986).



Figuur 2 - Systeem 1, capillaire verbinding tussen substraat en onderbak, niveaumeting met elektroden of drukopnemer

Variant 1, vaste beurtgrootte, drainpompje
Direct na een gift wordt een vooraf ingestelde hoeveelheid drain weggepompt. Zakt het waterpeil in de ondergoot tot net onder de regelgrens, dan volgt een beurt. Twee andere elektroden bewaken de onder- en bovengrens.

Variant 2, start- en stopelektrode
De beurtgrootte is niet vast, de gift stopt als het waterpeil in de onderbak de stopelektrode bereikt, eventueel met een vertraging.

2. Weegschalen; wegen substraat en wegen drain

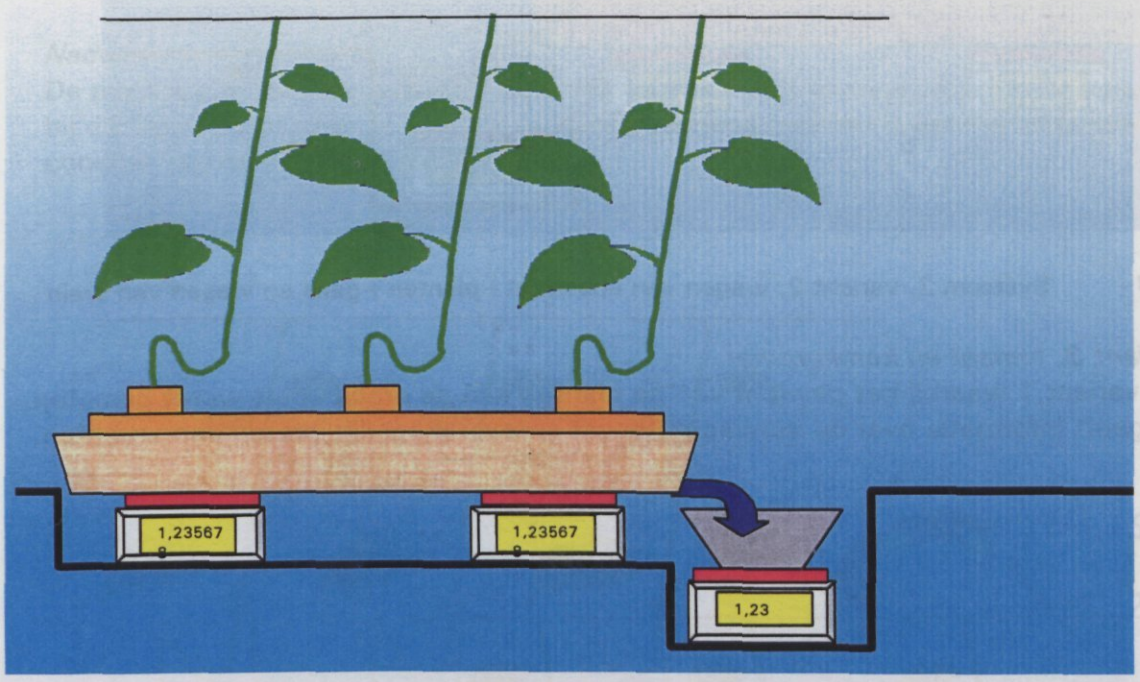
Het substraat wordt op een streefgewicht gehouden. Als er zoveel water aan het substraat onttrokken is dat de regelondergrens bereikt is, volgt een beurt (Visser, 1998; De Kreij, 1998). Bovendien levert het gewicht van de substraateenheid

informatie over de hoeveelheid verdampt water en de snelheid van verdamping.

Voordelen
Wegen is heel nauwkeurig, betrouwbaar en goed controleerbaar.

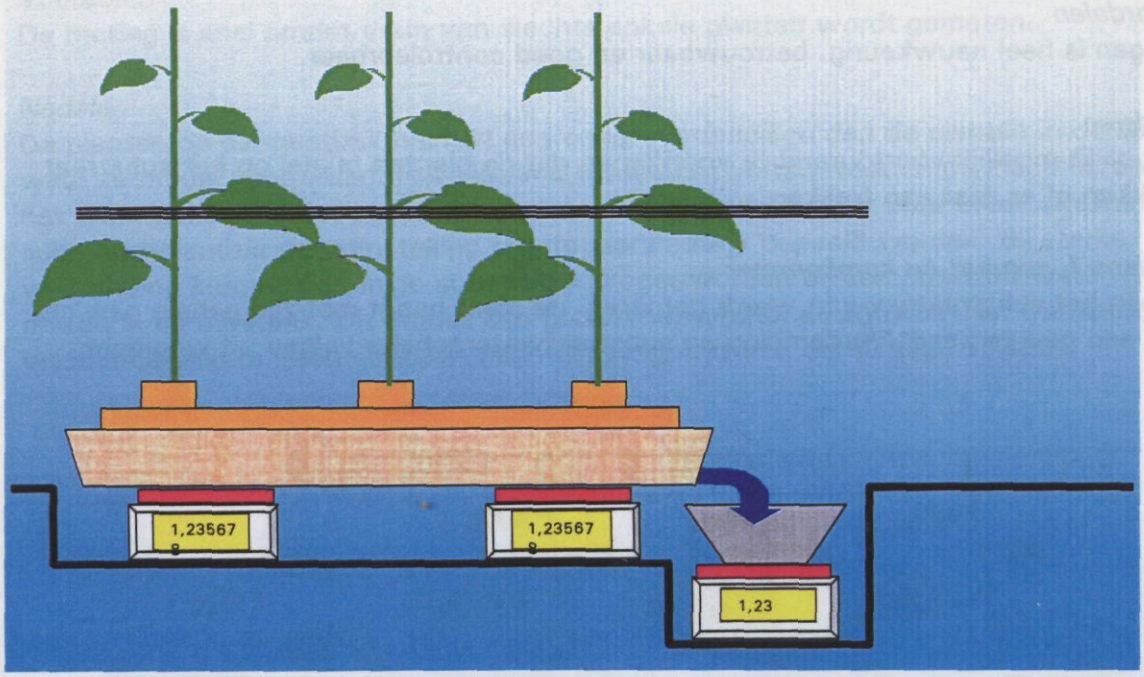
Nadelen
Het blijkt moeilijk voortdurend te voorkomen dat de planten teveel op het substraat drukken of er juist aan trekken.

Variant 1, tomaat en komkommer
Alleen het substraatgewicht wordt gemeten, de plant hangt met zijn gehele gewicht aan een gewasdraad. Verdamping en substraatwatergehalte volgen uit wegingen.



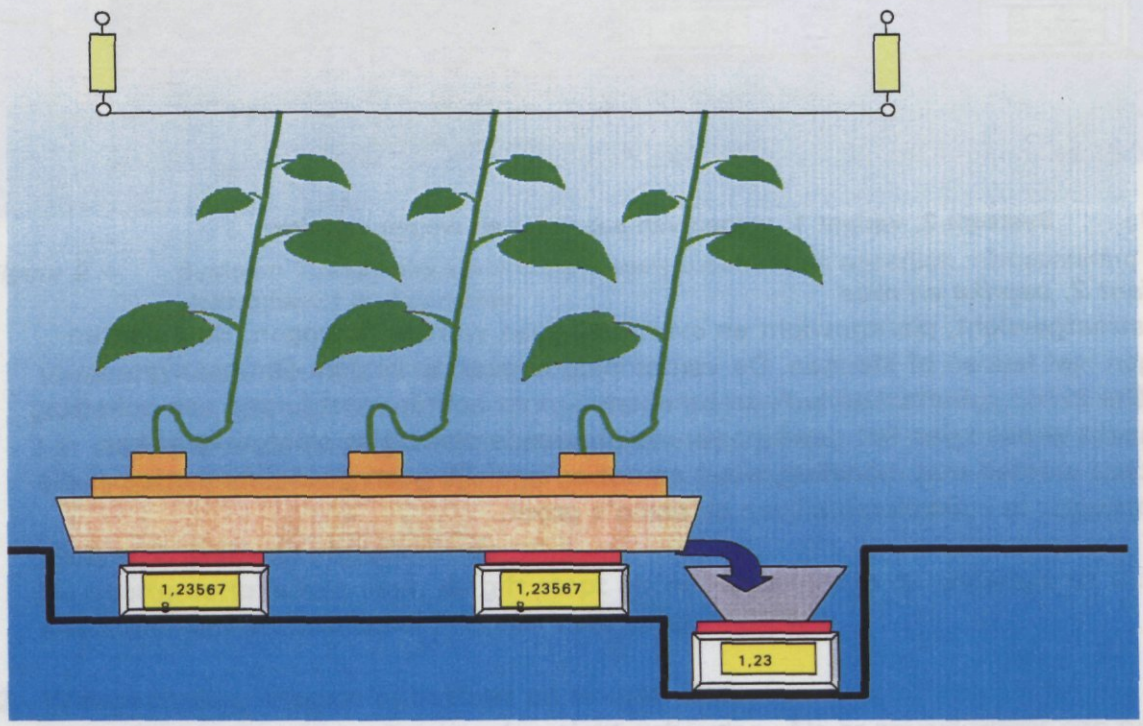
Figuur 3 - Systeem 2, variant 1, wegen van substraat en wegen van drain

Variant 2, paprika en roos
Substraatgewicht, plantgewicht en eventueel gaas worden gewogen. Buurplanten mogen niet leunen of steunen. De verdamping is goed te volgen. Om het watergehalte in het substraat te kunnen berekenen moet echter voortdurend een schatting gemaakt worden van het gewicht van de groeiende plant. Het plantgewicht kan geschat worden met modellen, maar omdat er eigenlijk geen goede manier is om die schattingen te controleren blijven de risico's groot.



Figuur 4 - Systeem 2, variant 2, wegen van substraat + planten + gaas en wegen van drain

Variant 3, tomaat en komkommer
Als variant 1 waarbij het gewicht van de planten aan de draad apart wordt gemeten. Dit geeft informatie over de verwachte oogst en over mogelijk interen van vruchten.



Figuur 5 - Systeem 2, variant 3, wegen van substraat, wegen van planten en wegen van drain

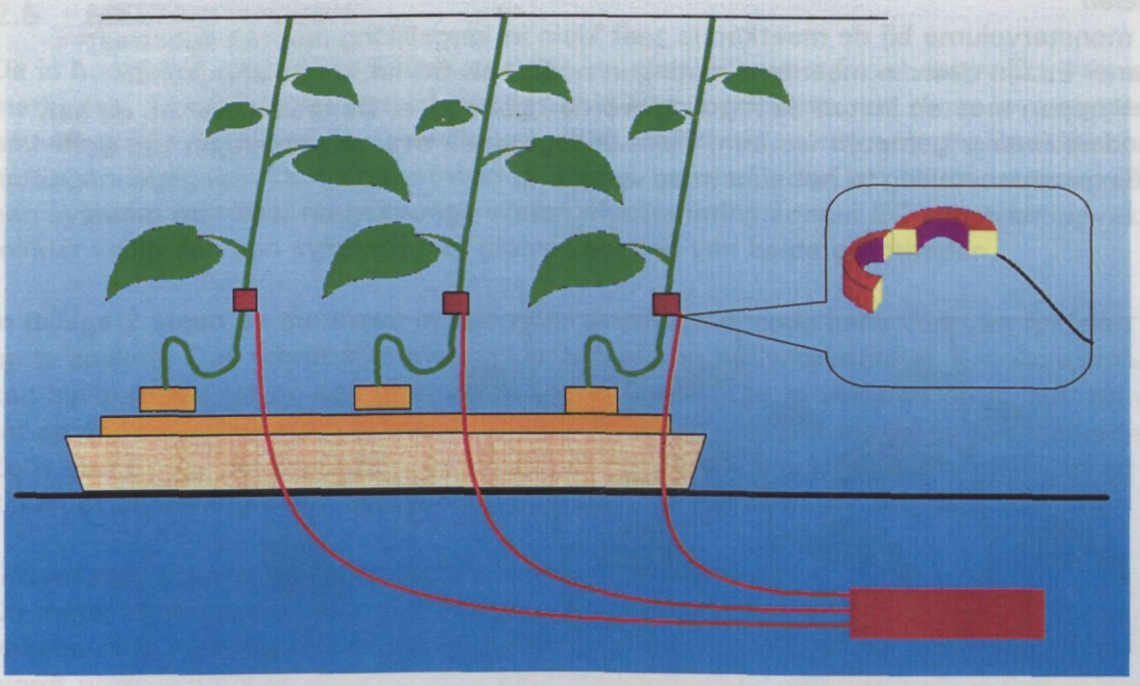
Variant 4, paprika en roos
Voor gewassen op eigen stam als roos en paprika bestaat een systeem waarbij een stevig rooster de planten net van het substraat tilt. Dit systeem moet regelmatig worden afgeregeld zodat de planten ook hier weer niet op het substraat duwen of eraan trekken. Dit systeem is dermate storingsgevoelig en vraagt zoveel controle dat het wordt afgeraden.

3. Sapstroommeting

Een spoel wordt om de plantenstengel gebracht en meet, meestal door een warmtepuls af te geven en iets verder weer te meten, de sapstroom. Dit levert informatie over de verdamping en de snelheid van verdamping.

Voordelen
Dit systeem komt dicht bij de opname door de plant.

Nadelen
De methode is gevoelig voor het plaatsen van de spoel en moet aangepast worden bij diktegroei. Het ijken is een ondoorzichtige procedure. Het is een indicator voor de conditie van de plant (Kamminga, 2000).



Figuur 6 - Systeem 3, verdampingsmeting met sapstroommeter

4. Continu watergeven

Regelbare druk in de aanvoerleiding geeft de mogelijkheid om de beurtgrootte te wijzigen zonder te vervallen tot zeer korte beurten. Eigenlijk is het meetgedeelte al beschreven onder systeem 2, wegen substraat en wegen drain. In dit geval is het regelgedeelte van de meet- en regelkring aangepast. Dit is mogelijk als de leidingen zo zijn aangelegd dat overal dezelfde drukverliezen optreden, bijvoorbeeld in een Tichelmann-ontwerp, de pompen een regelbare druk leveren en de druppelaars daar

ook geschikt voor zijn. Bij een conventioneel systeem wordt de afgifte verhoogd door vaker beurten van een zelfde grootte te geven. In dit systeem kan elke beurt een andere grootte hebben en bovendien is de kleinst mogelijke gift in de orde van 10-20 ml/3 minuten. Het is mogelijk dit regelsysteem toe te passen bij alle genoemde meetsystemen (Stijger, 1999).

Voordelen
Zeer kleine beurten zijn mogelijk. Hierdoor kunnen in perioden met weinig instraling toch meerdere beurten per dag gegeven worden (Buwalda en Kim, 1994; Warmenhoven en Baas, 1995).

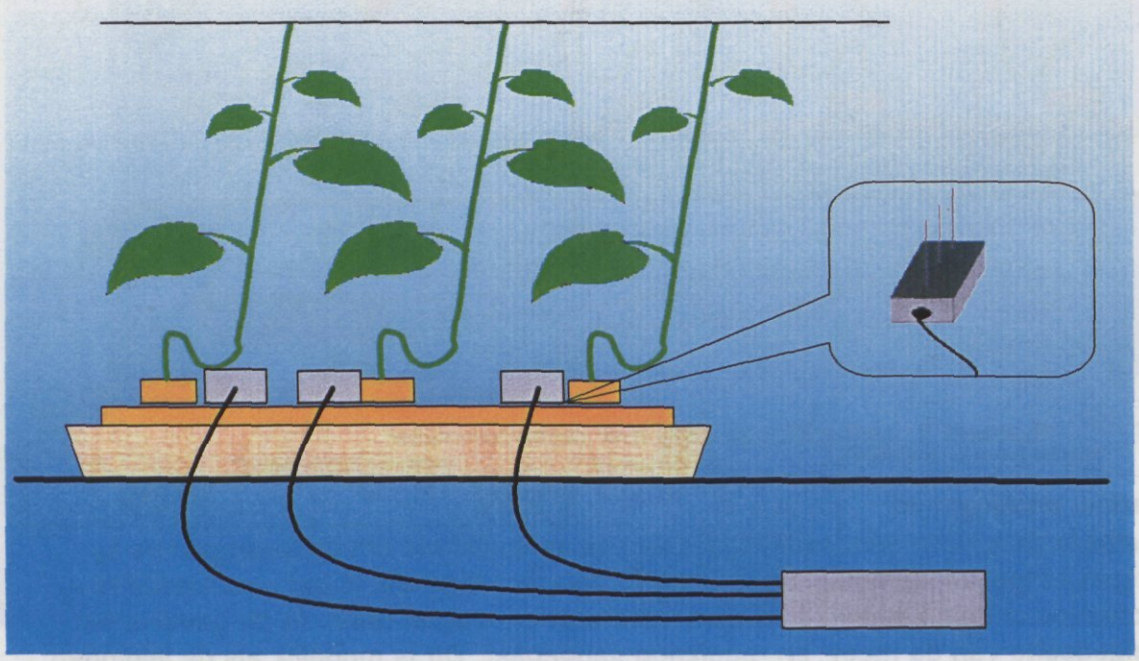
Nadelen
Het blijkt moeilijk voortdurend te voorkomen dat de planten teveel op het substraat drukken of er juist aan trekken.

5. Meten van substraatwatergehalte en EC-substraat

Het watergehalte en de EC in het substraat worden op een streefwaarde gehouden (Disco, 1999).

Voordelen
Er worden grootheden gemeten die direct van invloed zijn op de groei van de plant.

Nadelen
Het monstervolume bij de meetkop is zeer klein in vergelijking met het substraatvolume. Er zijn daarom meerdere metingen nodig, 40-50/ha, en de afwijkende meetkoppen moeten buiten de regeling worden gehouden. De drain moet op de een of andere manier gemeten worden, want bij lage drain over enkele dagen kan de voedingssamenstelling in het substraat verlopen.



Figuur 7 - Systeem 5, watergehalte en EC in substraat, meting met FD-meter

6. Hangende goten

Een recente ontwikkeling is de introductie van hangende goten voor vruchtgroentegewassen (Anonymous, 2000). Dit opent mogelijkheden om met krachtopnemers in de constructie hele goten tegelijk te meten. Bovendien is het gemakkelijker de bijbehorende hoeveelheid, EC en pH van de drain te meten. Hierdoor kan informatie over enkele grote teelteenheden worden verzameld, waardoor de gegevens veel betrouwbaarder worden (zie de algemene nadelen bij het begin van dit hoofdstuk). Een krachtopnemer is, kort gezegd, een stuk metaal – bijvoorbeeld een dubbele haak waarop een rekstrookje en een thermokoppel zijn aangebracht. Als het rekstrookje van lengte verandert, verandert e weerstand. De weerstand is na verrekening van de temperatuur een maat voor het gewicht aan het metaal. De methode is sinds jaar en dag bekend in de industrie.

Voordelen
Betrouwbaar, overzichtelijk en, in kale vorm, niet bijzonder duur.

Nadelen
Deze methode is voor veel gewassen niet mogelijk. Omdat korte stukjes technisch onaantrekkelijk zijn, komt er geen informatie over verschillen in de kas over de lengte van de goot.

2.5 MEETMETHODEN

De in hoofdstuk drie behandelde systemen worden uitgevoerd met een reeks van meetmethoden. Eigenlijk kan volstaan worden met een specificatie van de te leveren meetnauwkeurigheid (Bijlage 1). Omwille van de duidelijkheid wordt wat uitgebreider op de metingen ingegaan. De meetmethode is minder wezenlijk dan het totale systeem. Zo is een systeem met zeer nauwkeurige watergehaltemeting zonder EC-substraatbewaking minder veilig dan een systeem met globale meting van beide grootheden.

In Bijlage 2 staan de metingen in een tabel waarin snel specifieke voor- en nadelen zijn op te zoeken. Ook wordt elke meting beoordeeld op nauwkeurigheid. Een weegschaal kan bijvoorbeeld tot op één gram nauwkeurig meten. Dat is voldoende om 100 ml water tot op één ml nauwkeurig te meten. Tenslotte wordt de controleerbaarheid beoordeeld. Zo is een weegschaal te controleren door er een bekend gewicht op te plaatsen en te kijken of de meting klopt. Een meting die niet te controleren is, betekent een risico.

Giftvolume; elektrische literteller
De meter is betrouwbaar en nauwkeurig. De gebruiker kan vrij eenvoudig een bekend volume door de teller sturen om de werking te controleren. Als de meting in enkelvoud wordt uitgevoerd is er geen zicht op afgifteverschillen binnen een kas. Door een aantal meters op verschillende plaatsen in de kas te plaatsen ontstaat een beeld van de kwaliteit van het gietsysteem.

Gift EC; EC-elektrode
De meting is betrouwbaar en nauwkeurig. De gebruiker kan de meter eenvoudig vergelijken met een andere meter.

Gift pH; pH-elektrode
De meting is gevoelig voor vervuiling en verloop. De elektrode wordt steeds trager en

wordt bij voorkeur preventief vervangen. De meting is wel nauwkeurig. De gebruiker kan de meter eenvoudig vergelijken met andere pH-meters.

Substraatwatergehalte; waterniveau in een ondergoot of reservoir
De meting is wisselend nauwkeurig, afhankelijk van de gift en de vorm van goot en reservoir. De meting kan bij hoge verdamping tijdelijk flink afwijken. Het verband watergehalte met niveau is voor de gebruiker moeilijk te controleren.

Substraatwatergehalte; gewicht
De meting is nauwkeurig en met een handgewicht controleerbaar. Een probleem is dat planten geen druk of trekkracht op het substraat mogen uitoefenen. Dat gebeurt, sluipend, toch vrij vaak. De opstelling vraagt hierdoor veel controlearbeid.

Substraatwatergehalte; FD-meting
De meting is enigszins gevoelig voor temperatuur en EC-invloed en meet wortels deels als water mee (Hilhorst, 1997). Een voordeel is dat de substraat-EC gelijk meegemeten wordt. Door het kleine meetvolume rond de kop is de meting gevoelig voor de in substraat vaak aanzienlijke plaatselijke verschillen.

Substraatwatergehalte; TDR-meting
Als FD-meting (Hilhorst, 1997).

Substraatwatergehalte; tensiometer
Er zijn tensiometers voor grond, maar ook voor substraten inclusief steenwol. De meter is gevoelig voor verstoppingen en moeilijk controleerbaar. Een groot voordeel is dat het water in de wortelmassa niet wordt meegeteld bij het substraatwatergehalte. De opstelling moet voor de veiligheid worden uitgevoerd met meerdere sensoren. Bij afwijkingen van de meters onderling moet de opstelling handmatig gecorrigeerd worden.

Substraat-EC; EC-elektrode
De meting is betrouwbaar en nauwkeurig. De gebruiker kan de meter eenvoudig vergelijken met een andere meter.

Substraat-pH; pH-elektrode
De meting is gevoelig voor vervuiling en verloop. De meetkop mag niet droogvallen. Het meetvolume is met één ml erg klein, waardoor voor een betrouwbare meting veel herhalingen nodig zijn. De elektrode wordt steeds trager en wordt bij voorkeur preventief vervangen. De meting is wel nauwkeurig. De gebruiker kan de meter, met ijkoplossingen, eenvoudig vergelijken met andere pH-meters.

Drainvolume; elektrische literteller
Bij geringe doorloopsnelheden staat de meter stil. Hierdoor niet toepasbaar als drainmeter. De drainhoeveelheid na een beurt loopt namelijk geleidelijk terug naar nul.

Drainvolume; lepelteller
Bij grote snelheden blijft de lepel 'hangen'. Dit is te ondervangen met doorstroombegrenzers die de meting vertragen. De meter is te controleren door handmatig een bekend volume door de meter te spoelen.

Drainvolume; slangenpomp
Elke slag van de motor verwijdert een vast volume. De meter is nauwkeurig en betrouwbaar. De meter is te controleren door handmatig een bekend volume door de meter te spoelen.

Drainvolume; gewicht
De meting is nauwkeurig en met een handgewicht controleerbaar.

Drain-EC; EC-elektrode
De meting is betrouwbaar en nauwkeurig. De gebruiker kan de meter eenvoudig vergelijken met een andere meter.

Drain-pH; PH-elektrode
De meting is gevoelig voor vervuiling. De meetkop mag niet droogvallen. De drain-pH heeft bij hoge pH de neiging om na een beurt nog op te lopen omdat CO_2 uit bicarbonaat naar de lucht ontsnapt, de meetplaats beïnvloedt de meting (Voogt et al, 1989).

3. BESPREKING

3.1 BESPREKING

Het begrip startbak versluiert omdat de term staat voor een wisselend aantal metingen en meetmethoden. Het is duidelijker uitgaande van de teelt en de wensen van de teler te bepalen welke startregeling volstaat. De benodigde metingen zijn daarvan af te leiden. Per meting wordt vastgesteld welke nauwkeurigheid en meetfrequentie nodig zijn en hoeveel herhalingen van de meting in een kas voor een goede beoordeling nodig zijn. Als handreiking worden enkele voorbeelden globaal uitgewerkt (Tabel 2 en Bijlage 1).

Enkele voorbeelden van verschillende regelbehoeften.

1. Een buitenteler die de uitstoot aan meststoffen naar de ondergrond wil terugbrengen, kan met een directe koppeling van tensiometers naar een regenautomaat met stralingsmeter toe (Anonymous, 1997; Crooijmans, 2000).
2. Een rozenkweker die 50% drain wil realiseren volstaat met een substraatvocht- en drainmeting. Met de klimaatcomputer kunnen stralingsinvloed en randvoorwaarden worden toegevoegd. Dagelijkse aanpassingen blijven nodig.
3. Een rozenkweker die 20% drain wil realiseren en in de winter een maximaal substraatvochtgehalte wil bewaken, heeft een verdampingsmodel nodig omdat een regeling op straling veel te onnauwkeurig is. Naast substraatvocht en drainmeting zijn metingen nodig van aanvoervolume, substraat-EC en substraat-pH. Substraat-EC en -pH zijn niet altijd gelijk aan de EC- en pH-drain. Bij substraten met 5 of meer liter vochtbuffer per m^2 moet in het substraat worden gemeten.
4. Wie per seizoen een ander substraatvochtgehalte wil realiseren en niet dagelijks aanpassingen op de regelingen wil maken, vraagt het uiterste van de techniek. Het gaat dan om metingen van aan- en afvoervolume, substraatwatergehalten en EC en pH in aanvoer, drain en substraat. De gift wordt bepaald door een verdampingsmodel en een – nog verder te ontwikkelen - voedingsverbruiksmodel.

Tabel 2 - Basis specificatie voor metingen in een kasteelt op substraat als in voorbeeld 4

grootheid	eenheid	nauwkeurigheid	frequentie	herhalingen
volume gift	liter	1%	per gift	5
EC-gift	dS/m	5%	per gift	3
pH-gift	pH	0.5	per gift	3
watergehalte substraat	liter	5%	< 60 min.	12[II]
EC-substraat	dS/m	5%	< 60 min.	12[II]
pH-substraat	pH	0.5	< 60 min.	12[II]
volume drain centraal	liter	1%	per gift	5
volume drain decentraal	liter	1%	per gift	4
EC-drain	dS/m	5%	per gift	4
pH-drain	pH	0.5	per gift	4
verdamping	liter	1%	<2 min.	

I. Als bekend is welke verschillen tussen individuele metingen voorkomen, is met een rekenregel of statistische tabel te bepalen hoeveel waarnemingen nodig zijn om met een bepaalde kans binnen een gekozen marge van de werkelijk waarde uit te komen (Oude Voshaar, 1994).

II. Globaal cijfer: sterk afhankelijk van het type meting

De huidige startsystemen hebben in wisselende mate last van
a) positiefouten
b) meetfouten
c) meetlacunes
d) bij lage drainpercentages interactiefouten van watergift met gift aan voeding.

a) Zelfs als meetplekken vooraf zorgvuldig gekozen zijn kan het voorkomen dat één meetplek plotseling of sluipenderwijs gaat afwijken. Voorbeelden van mogelijke oorzaken zijn lekken, uitval van stengels en uitval van meters. Dit is te ondervangen door metingen in voldoende herhalingen aan te leggen en de metingen door een computer te laten controleren. Bij een grote afwijking kan de betreffende meetwaarde uit de berekening van een gemiddelde waarde worden weggelaten. Nadat gemeld is dat één meter afwijkt, kan de fout worden opgespoord en verholpen.
b) Meetfouten zijn metingen die niet voortdurend voldoende nauwkeurig werken. Zo is bij startbakken met een capillaire verbinding tussen een watervoorraad en het substraat het substraatwatergehalte niet streng evenredig met het waterpeil in de ondergoot. De meting van drain-EC als schatter van de substraat-EC is soms onvoldoende nauwkeurig, met name in substraten met een grote waterbuffer, bijvoorbeeld >5 liter/m^2.
c) Meetlacunes zijn metingen die ontbreken om voldoende nauwkeurig of veilig te kunnen werken. Veel bestaande opstellingen zijn veiliger te maken door onder- en bovengrensbewaking van watergehalte, EC en pH in het substraat toe te voegen.
d) Alle bestaande startbaksystemen regelen de waterkringloop zonder tegelijk de voedingskringloop te regelen. Hierdoor ontstaan conflictsituaties zoals een hoge substraat-EC bij donker weer. Spoelen leidt dan tot een te nat substraat, wachten kost productie.

Er is veel ervaring met het sturen van de watergift met behulp van verdampingsmodellen (De Graaf, 1999; Van Gurp, 1997). Er is ook ervaring met het sturen van substraatwatergehalte en substraat-EC (Heinen, 1977; Van Veen, 1999; Blok, 1999). Bovendien is er ervaring met het modelleren van de voedingsopname (Otten, 1994). Het lijkt mogelijk deze kennis te combineren tot een wezenlijk verbeterd watergiftstartsysteem. Dit watergiftstartsysteem moet metingen in voldoende herhalingen bevatten (De Graaf en Esmeijer, 1998). De voedingsopname moet, net als de wateropname, ingeschat worden (Otten, 1994). Om de modellen voor voedingsopname en wateropname op elkaar af te stemmen, moet één programma zowel het bovengrondse als het ondergrondse klimaat regelen. Om momentaan elke combinatie voeding/water te kunnen doseren, zonder tijdverlies door leidingvolumes, moet het voedingssysteem, de waterzijdige techniek, enigszins aangepast worden (Van Veen, 1999).

Het samenbrengen van deze kennis in de klimaatregeling van de computer leidt tot een watergiftstartsysteem dat werkt met setpoints voor substraatwatergehalte, EC en pH. Afwijkende meters, lekken en achterblijvende verdamping worden gemeld. De teler heeft meer inzicht in de regeling van de wortelomgeving en de arbeidsintensieve handmatige controles op de werking van het watergeefsysteem nemen af.

3.2 AANBEVELINGEN

Onderzoek ter verbetering van de bestaande startbakken is onnodig. Met de specificaties in Bijlage 1 kunnen telers en toeleveranciers zelf kiezen welke meetsystemen zij bijeen brengen. Een garantie van de minimale kwaliteit van het ontwerp is daarbij op zijn plaats omdat de gebruiker niet gemakkelijk kan controleren of de meetnauwkeurigheid en dergelijke voldoende zijn. Desgewenst kan het ontwerp worden beoordeeld door een onafhankelijke organisatie.

Onderzoek naar een wezenlijke verbetering van startsystemen lijkt op zijn plaats. Een vernieuwd geautomatiseerd startsysteem volgens het concept in dit verslag houdt in:
- Metingen in voldoende herhalingen.
- Een model voor voedingsverbruik.
- Integreren van de modellen voor voeding en waterverbruik.
- Aanpassen van het voedingssysteem.

Een verbeterd systeem kan, analoog aan de klimaatregeling, werken met setpoints voor substraatwatergehalte en EC. Afwijkende meters, lekken en achterblijvende verdamping worden gemeld.

LITERATUUR

Adams, P.J., 1990. Effects of watering on the yield and composition of tomates grown in bags of peat. Hort. Sc. 65(6) 667-674.

Anonymous, 1997. Gieten op maat. DENAR kas, DLV, Naaldwijk, Holland.

Anonymous, 2000. Substraattteelt komt nu pas echt los van de grond. Oogst, 7 januari, 34-35.

Buwalda, F., Ki Sun Kim, 1994. Effects of irrigation frequency on root formation and shoot growth of spray chrysanthemum cuttings in small jute plugs, Sc. Hort. 60 125-138.

Crooijmans, S., 2000. DAC leeft niet onder anjertelers. Vakblad voor de Bloemisterij 1, 44-45.

De Graaf, R., 1988. Automation of the water supply of glasshouse crops by means of calculating the transpiration and the amount of drainage, Acta Hort. 229 219-231.

De Graaf, R., 1999. Automatische correctie grote kracht van watergeef-computermodel. Vakblad voor de Bloemisterij 41,84-85.

De Graaf, R,; Spaans, L. 1989. Automatiseren watergeven bij teelten op substraat met behulp van een watergeefrekenmodel. Intern verslag 33, PBG, Naaldwijk, Holland.

De Graaf, R.; Esmeijer, M.H.,1998. Comparing calculated and measured water consumption in a study of the minimal transpiration of cucumbers grown on rockwool. Acta Hort. 458,103-111.

Disco, A., 1999. Grafiekdip is startsein voor watergeven. Groenten en Fruit, 6 aug. 1999,18-19.

Haverkort, A.J.; Marcelis, L.F.M., 1999. Voorspellen, plannen en bewaken van kwaliteit en kwantiteit in akker- en tuinbouwketens met behulp van gewasgroeimodellen. @gro-informatica, 06-99,10-16.

Heinen, M., 1997. Dynamics of water and nutrients in closed, recirculating cropping systems in glasshouse horticulture. With special attention to lettuce grown in irrigated sand beds. Thesis, Wageningen Agricultural University, Wageningen, The Netherlands.

Hilhorst, M.A., 1997. Dielectric characterisation of soil. Thesis. Wageningen, Agricultural University, The Netherlands.

Kamminga, H., 2000. Goochelen met de phytomonitor. Vakblad voor de Bloemisterij, 1 38-39.

Kreij de R., 1998. Minder water meer opbrengst. Oogst 2-10-98.

Oude Voshaar, J.H., 1994. Statistiek voor onderzoekers. Wageningen pers, Wageningen, Holland.

Otten, W, 1994. Dynamics of water and nutrients for potted plants induced by flooded bench irrigation; experiments and simulation. PhD thesis, Wageningen Agricultural University, Wageningen, The Netherlands.

Stijger, H., 1999. Bij droge teelt mag watergift niet afwijken. Groenten en Fruit, 3-9-1999 32-33.

Van den Bos, A, 1989. In: Sonneveld en Mostert, Plantevoeding in de glastuinbouw. Informatiereeks No. 87. Proefstation voor de Tuinbouw onder Glas, Naaldwijk, Holland.

Van der Burg, A.; Van der Knaap, P, 1986. Praktijkervaringen met drie systemen. Tuinderij16-01-86,21-23.

Van der Meer, M.C., 1997. Waterverplaatsing in steenwolmatten. PBG, Naaldwijk, Holland.

Van Gurp, H.A.J.M., 1997. Onderzoek paprika 1997. PBG, Horst, Nederland.

Van Veen, L., 1999. Invloed van lage EC overdag en hoge EC 's nachts op productie en kwaliteit van tomaat. Verslag project 1853, PBG, Naaldwijk, Holland.

Visser, P., 1998. Nieuw systeem regelt watergift komkommer, Groenten en Fruit,17-04-98,18-20.

Voogt, W., Blok, C.; Smulders, P.; De Visch, D., 1989. Tomaat en komkommer: grote pH-verschillen in de steenwolmat. Groenten en Fruit, 44(49), 38-39.

Vreugdenhil, W; Gieling, Th., 1998. Computer aan het roer van water- en voedingsstoffengift, Oogst, 9 januari 1998, 34-35.

Warmenhoven, M.G., Baas, R.,1995. Chrysanthemum cultivation in a soilless ebb/flow system interaction of NaCl, mineral nutrition and irrigation frequency, Acta Hort. 401 393-400.

BIJLAGE 1. Specificaties

Tabel 1 – Basisspecificatie voor metingen in een buitenteelt

grootheid	eenheid	nauwkeurigheid	frequentie	herhalingen
watergehalte substraat	liter	5%	< 60 min.	12
watergehalte ondergrond	dS/m	5%	< 60 min.	12

Tabel 2 – Basisspecificatie voor metingen in een kasteelt met zeer ruim drainpercentage

grootheid	eenheid	nauwkeurigheid	frequentie	herhalingen
watergehalte substraat	liter	5%	< 60 min.	12
volume drain centraal	liter	1%	per gift	5
volume drain decentraal	liter	1%	per gift	4

Tabel 3 – Basisspecificatie voor metingen in een kasteelt op substraat

grootheid	eenheid	nauwkeurigheid	frequentie	herhalingen
volume gift	liter	1%	per gift	5
EC-gift	dS/m	5%	per gift	3
pH-gift	pH	0.5	per gift	3
watergehalte substraat	liter	5%	< 60 min.	12
EC-substraat	dS/m	5%	< 60 min.	12
pH-substraat	pH	0.5	< 60 min.	12
volume drain centraal	liter	1%	per gift	5
volume drain decentraal	liter	1%	per gift	4
EC-drain	dS/m	5%	per gift	4
pH-drain	pH	0.5	per gift	4
verdamping	liter	5%	<2 min.	

BIJLAGE 2. Overzicht meetmethoden

Tabel 1 – Meetmethoden, sterke en zwakke punten

Te meten grootheid	meetmethode	voordeel	nadeel	nauwkeurig	controle/ijking
volume gift	literteller (elektrisch)		1 meting geen herhaling lekgevoelig	+	+
EC-gift	EC-meter (elektrisch)		1 meter geen herhaling	+	+
pH-gift	pH-electrode		onderhoudsgevoelig 1 meter geen herhaling	+	+
watergehalte substraat	niveau in goot	informatie over 1-4 meter substraat	niet evenredig met WG	-	-
		meet wortelmassa niet mee	ijlt na bij grote verdamping beinvloedt beworteling per substraat/plant inregelen		
	gewicht	informatie over 1-4 meter substraat	telt wortels mee als water gewasinvloed op substraatgewicht	+ +	+
	FD-meting	meet tegelijk EC-substraat	klein meetvolume = veel meetkoppen nodig telt wortels mee als water		-
	TDR	meet tegelijk EC-substraat	klein meetvolume = veel meetkoppen nodig telt wortels mee als water		-
EC-substraat	FD-meting		klein meetvolume = veel meetkoppen nodig		-
	TDR		klein meetvolume = veel meetkoppen nodig		-
pH-substraat	pH-elektrode		onderhoudsgevoelig zeer klein meetvolume = veel meetkoppen nodig	+	+
volume drain centraal	literteller (elektrisch)		1 meter, geen herhaling	+	+

Tabel 1, vervolg – Meetmethoden, sterke en zwakke punten

Te meten grootheid	meetmethode	voordeel	nadeel	nauwkeurig	controle/ijking
			ijlt uren na lekgevoelig		
volume drain decentraal	lepelteller	snel; drain/beurt	telt slecht bij grote of bij kleine hoeveelheden	-	+
	slangenpomp	snel; drain/beurt		+	+
	gewicht	informatie over 1-4 meter substraat snel; drain/beurt	-	+ +	+
EC-drain	EC-meter (elektrisch)			+	+
pH-drain	pH-elektrode		onderhoudsgevoelig	+	+
verdamping	model(len)	zicht op plantprestatie	afhankelijk van controlemetingen		-
	sap flow meters	plantprestatie	zeer gevoelig meting aan meerdere planten nodig	- (tot nu)	-