

Proefstation voor de Bloemisterij in Nederland
Linnaeuslaan 2A
1431 JV Aalsmeer
tel. 02977-52525
fax. 02977-52270

ISSN 0921-710X

**Stekbeworteling van chrysanth in jute plugjes
voor produktie op waterige teeltsystemen.
Proefverslag 6307.4**

Rapport 166

Prijs f 7,50



april '94

ISN = 571043

Aalsmeer, december 1993

Dr. F. Buwalda

Dr. K. S. Kim

B. van den Berg - de Vos

Rapport 166 is te verkrijgen door het storten van f 7,50 op girorekening 174855 ten name van Proefstation Aalsmeer onder vermelding van: 'Rapport 166 Stekbeworteling chrysanth'.



Inhoud

Noot van de auteur	3
Samenvatting	3
1. Inleiding	4
2. Materiaal en Methoden	6
2.1. Plantmateriaal	6
2.2. Kas en teeltsysteem	6
2.3. Voedingsoplossing	6
2.4. Metingen	7
2.5. Statistische verwerking en presentatie van resultaten	7
3. Resultaten	9
3.1. Initiatiefase	9
3.2. Afhardingsfase	11
4. Discussie	16
5. Literatuur	20

Noot van de auteur

Dit rapport is onderdeel van de serie: 'Ontwikkeling van een substraatloos, recirculerend eb/vloedsysteem voor de teelt van chrysanth'.
.

Het hier gepresenteerde onderzoek is grotendeels uitgevoerd door Ki Sun Kim, als deelproject in het kader van zijn studieverlof in Nederland. Dr. Kim is als *Associate professor* verbonden aan het *Department of Horticulture, Seoul National University, 103 Seodun, Kwonsun, Suwon 441-744, Republic of Korea*.

De onderzoekers zijn dank verschuldigd aan M. G. Warmenhoven voor degelijk analytisch werk, aan P. A. van de Pol, H. J. van Telgen en B. W. Veen voor constructieve kritiek bij het uitwerken van dit rapport, en de Commissie Besteding Schikkingsgelden Rijnproces (FB en BvdB-dV) en de *Korea Science and Engineering Foundation (KSK)* voor financiële ondersteuning.

Fokke Buwalda

SAMENVATTING

Kleine plugjes van een organisch, vezelig materiaal (jute) werden gebruikt als bewortelingsmedium voor chrysanthestek, in plaats van de algemeen toegepaste perspotjes van bemest veen. Om de invloed te onderzoeken van de beschikbaarheid van water en voedingsstoffen op de groei en kwaliteit van het stek, werd een volledige voedingsoplossing toegediend aan de jute plugjes door middel van eb/vloed-irrigatie. Vier irrigatiefrequenties (IF) werden vergeleken: 96, 24, 6 of 1 keer per etmaal. De overige teeltcondities kwamen overeen met die welke normaal in de praktijk tijdens beworteling op perspotjes worden toegepast. Gegevens over beworteling en scheutgroei werden om de twee à drie dagen verzameld gedurende vijftien dagen; tevens werden de waterstatus en gehalten aan mineralen en niet-structurele koolhydraten gemeten. In de eerste fase, voordat wortels gevormd waren, had de IF weinig invloed op de stekken. Zodra de nieuwe wortels zichtbaar werden, ontstond echter een sterke positieve correlatie tussen IF en groei. In de scheut van snel groeiende stekken werden relatief hoge mineraalgehalten, een gunstige waterstatus en lage gehalten aan niet-structurele koolhydraten gemeten. Deze gegevens laten zien dat de groei van uitgangsmateriaal tijdens de beworteling kan zijn gelimiteerd door de beschikbaarheid van water en voedingsstoffen. In het geval van chrysanthestek in kleine jute plugjes bleek deze beperking te kunnen worden opgeheven door frequente irrigatie met een complete voedingsoplossing.

1. INLEIDING

Teelt zonder aarde vindt in de tuinbouw op grote schaal toepassing vanwege een hoog productiepotentieel en omdat de teler op die manier geen last heeft van ziektes in de bodem en andere beperkende factoren (Graves, 1983; Van Os, 1980, 1986; De Visser and Hendrix, 1987; Ruijs and Van Os, 1990; Van Os et al., 1991). Door het toegenomen bewustzijn van de noodzaak tot milieubehoud heeft de mogelijkheid van de beperking van emissies van kunstmest en bestrijdingsmiddelen door het toepassen van recirculatie zich de laatste jaren tot een belangrijk extra motief ontwikkeld (Van Weel et al., 1992; Vernooij, 1992).

Ondanks aanzienlijke ontwikkelingen in de methoden voor de teelt los van de ondergrond worden veel eenmalig oogstbare gewassen met een korte productiecyclus, zoals chrysanthe, nog steeds voornamelijk in de grond geteeld. Teelt zonder aarde is voor zulke gewassen vaak niet economisch haalbaar vanwege de hoge kosten voor vervanging of opnieuw geschikt maken van substraatmaterialen na de oogst. Volledig waterige teeltsystemen, zoals voedingsfilm (NFT; Graves, 1983), wortelbesproeiing (Alt et al., 1989, 1991) of eb/vloed (Buwalda et al., 1992, 1993), combineren een minimaal gebruik van substraten met een hoog productiepotentieel, en bieden daardoor toekomstperspectief voor gewassen uit deze categorie. Voor de chrysanthe-teelt in Nederland werd gesteld dat het substraatloze eb/vloedsysteem de beste kansen heeft (Ruijs en van Os 1990).

Een voorwaarde voor een hoge productie in elk teeltsysteem is de beschikbaarheid van goed uitgangsmateriaal. Behalve de afwezigheid van ziektes zijn in dit verband ook een goede beworteling, een goed gewicht, uniformiteit en groeikracht belangrijke kwaliteitseisen. In de Nederlandse praktijk wordt voor de chrysanthe-teelt vrijwel uitsluitend gebruik gemaakt van stek, beworteld in perspotjes van bemest veen (van der Hoeven, 1987). Veen is echter minder geschikt voor toepassing in waterige teeltsystemen omdat het snel te nat wordt en vanwege vervuiling van het systeem met gronddeeltjes (Steiner 1977, Morgan et al., 1980).

Pogingen om chrysanthestek te bewortelen in alternatieve substraten waren redelijk succesvol (Morgan et al., 1980), maar er is weinig bekend over de teeltkundige principes, die daaraan ten grondslag liggen. De eerste pogingen binnen dit project om chrysanthestek te bewortelen in kleine plugjes van organisch materiaal (15 cm³ jute per plant), waarbij dagelijks water gegeven werd, leverden lang niet de kwaliteit stek op, die in de praktijk gebruikelijk is (Buwalda et al., 1992, 1993; Buwalda and Kim, 1992).

Wij veronderstelden dat dit werd veroorzaakt door het beperkte volume en nutriëntengehalte van de pluggen, waardoor tijdens de beworteling niet genoeg water

en voedingsstoffen beschikbaar zijn voor het optimaal uitgroeien van het stekje. Daarom hebben wij onderzocht of de groei van het stek kon worden verbeterd door tijdens de beworteling vaker te irrigeren met een complete voedingsoplossing. Dit rapport beschrijft de effecten van eb/vloed-irrigatiefrequentie op de groei van chrysantestek tijdens de beworteling, in samenhang met de minerale voeding, de water- en koolhydratenhuishouding.

2. MATERIAAL EN METHODEN

2.1. Plantmateriaal

Uniform stek van *Dendranthema indicum* Des Moulins cv. 'Improved Reagan' werd geleverd door Koninklijke Van Zanten B.V., Hillegom, Nederland. De stekken, die een versgewicht hadden van 1,4 g, werden met het snijvlak gedoopt in 500 ppm (w/w) IBA in talkpoeder en vervolgens in (2,5 - 0,5) x 2 x 5 cm tapse jute plugjes gestoken. De pluggen werden geleverd door de NJI Group, Rijssen, Nederland.

2.2. Kas en teeltsysteem

De experimenten werden uitgevoerd bij het PBN in het najaar van 1992 in een kas van 60 m², uitgerust met vier geprofileerde eb/vloedtafels (Deense bodems) van 1,8 x 1,8 m. De tafels werden onafhankelijk voorzien van voedingsoplossing vanuit 0,25 m³ voorraadtanks. De frequentie en duur van irrigatie werden bepaald door elektronische schakelklokken, die de pompelpompen in de tanks bekrachtigden. Bij elke vloedbeurt van 5 minuten werd een laag van 4 - 5 cm voedingsoplossing op een tafel gepompt via een venturi; nadat het pompen stopte, liep de voedingsoplossing in 2 minuten terug naar de tank. Irrigatiefrequenties (IF) werden ingesteld op 1, 6, 24 of 96 beurten per dag; er was geen verschil in IF tussen licht en donker. Plastic trays hadden 162 plantgaten (4,9 cm diep, 2,8 x 2,8 cm, toelopend tot 0,8 cm) met 0,6 cm drainagegaatjes in de bodem. Jute pluggen, geweekt in voedingsoplossing, werden om het andere gat in de trays geplaatst (81 per tray), waardoor een plantdichtheid van 376 stekjes per m² ontstond.

Gedurende de periode voordat de nieuwe wortels zichtbaar werden, bleven de stektafels bedekt met doorzichtig polyethyleen folie. De RV onder het folie werd dicht bij het verzadigingspunt gehouden met een nevelsysteem, dat elke 4 minuten 10 seconden werkte. Na 8-9 dagen, toen de wortels door de plugjes naar buiten gegroeid waren, werd het folie verwijderd. De CO₂-concentratie bleef gehandhaafd tussen 500 en 1000 ppm door middel van automatische injectie. De kastemperatuur werd ingesteld op 20°C; om het gewas vegetatief te houden bedroeg de lichtperiode 18,5 uur (3:00 - 21:30; 13 W Philips SL-lampen).

2.3. Voedingsoplossing

Minerale samenstelling: macro-elementen (mol m⁻³): N (NO₃⁻): 6,25; N (NH₄⁺): 0,5; P: 0,75; K: 4,5; Ca: 1,4; Mg: 0,5; S: 0,8. Microelementen (mmol m⁻³): Fe-EDDHA: 20;

Mn: 15; B: 5; Mo: 2,5; Cu: 2,5; Zn: 1,5 (recept ontwikkeld op basis van Sonneveld en Straver, 1989; Buwalda et al., 1993). EC en pH in de tanks werden drie maal per week gemeten. De EC werd gehandhaafd op 1,0 mS cm⁻¹, de pH tussen 5,5 en 6,0 door regelmatige toevoeging van 0,3 - 0,5 mol NH₄NO₃ per m³ of verdund salpeterzuur. De voedingsoplossingen werden voor het begin van elk experiment ververst.

2.4. Metingen

De waterrelaties van het stek werden bestudeerd door regelmatig de xyleem-waterpotentiaal, de huidmondjesweerstand en de osmotische waarde van perssap uit het blad te meten, gebruikmakend van respectievelijk: een Scholander Pressure Bomb, een verdampings-porometer en een osmometer. De turgor werd afgeleid als de som van de osmotische potentiaal en de (negatieve) xyleem-waterpotentiaal (Salisbury en Ross, 1992). Lengte en versgewicht van spruit en wortel werden elke twee - drie dagen gemeten; per behandeling werden bij elke oogst vijf planten gemonsterd. Het drooggewicht werd bepaald na 72 uur bij 70°C in een geventileerde oven. Het gehalte aan niet-structurele koolhydraten werd bepaald met de colorimetrische Anthron-bepaling na hydrolyse van droog materiaal in 2,5 N HCl bij 95-100°C gedurende één uur. Mineraalgehalten werden bepaald met een auto-analyzer en een atomaire absorptie spectrofotometer na zure destructie van droog materiaal.

2.5. Statistische verwerking en presentatie van resultaten

Het experiment werd twee maal uitgevoerd, waarbij de behandelingen verschillend over de kas verdeeld werden. Tijdens de vegetatieve vermeerdering zijn over het algemeen twee fasen te onderscheiden: in de initiatiefase wordt bij zeer hoge RV de vorming van nieuwe wortels geïnduceerd; in de afhardingsfase moet het bewortelde stek zich aanpassen aan een normaal kasklimaat. Om deze reden is de weergave van de resultaten grotendeels beperkt tot drie oogsten: de beginoogst (oogst 0), die werd genomen direct nadat de onbewortelde stekken uit de zakjes waren gehaald; oogst 1 werd genomen aan het eind van de initiatiefase, op de dag dat de nieuwe worteltjes zichtbaar werden (dag 8 in exp. 1, dag 6 in exp. 2); oogst 2 werd aan het eind van de afhardingsfase genomen (dag 15 in exp. 1, dag 14 in exp. 2). De resultaten van de tussenliggende oogsten waren in overeenstemming met de gerapporteerde gegevens.

Het programma SPSSPC V 3.1 werd gebruikt voor de statistische analyse. Behandelingseffecten werden getoetst met een LSD-rangetest na een variantie-analyse. Gegevens van de twee experimenten werden gecombineerd wanneer de

behandelingseffecten in beide experimenten overeenkwamen. Homogeniteit van varianties werd getest door berekening van de Cochran's C- en Barlett-Box F-toetsingsgrootheden. Correlaties tussen parameters (tabel 6) werden berekend met Pearson's correlatiecoëfficiënt met twee-zijdige toetsing. De betrouwbaarheid van de door lineaire regressie verklaarde variantie (figuur 2) werd getoetst met een F-test tegen de residuele kwadratensom (zes vrijheidsgraden).

3. RESULTATEN

3.1. Initiatiefase

De eerste wortels werden zichtbaar op dag 8 in het eerste, en 6 in het tweede experiment. Er was een tendens dat wortels iets later verschenen bij lage IF (tabel 1). Ook zonder wortels bleken de stekken iets te groeien; de relatieve groeisnelheid over de periode tussen de oogsten 0 en 1 was in alle gevallen betrouwbaar hoger dan 0 (tabel 2). Er bestond een positieve correlatie tussen groei en IF, hoewel geen van de afzonderlijke morfologische grootheden ten tijde van oogst 1 met de irrigatiebehandeling gecorreleerd was (tabel 6). Tijdens de beginperiode leken stekken op perspotjes iets beter te groeien dan die in jute plugjes (tabel 1, 2).

Tabel 1. Effecten van IF (irrigatiefrequentie (b/dag) = aantal vloedbeurten per dag) op morfologische kenmerken van chrysantestek in jute pluggen. Weergegeven staan gemiddelde \pm SD (n = 10) van gecombineerde gegevens van twee experimenten. In elke kolom staat per oogst de betrouwbaarheid van verschillen aangegeven (dezelfde letter = niet significant; $p > 0,05$). Ter vergelijking staan onderaan waarden voor stek op perspotjes vermeld.

Oogst	IF (b/dag)	Steellengte (cm)	Scheut versgewicht (g)	Aantal wortels	Wortel versgewicht (g)	Wortel/spruit verhouding
0	-	6.2 \pm 0.2	1.35 \pm 0.07			
1	1	7.8 \pm 0.5 ^a	1.47 \pm 0.12 ^a	12.0 \pm 7.7 ^a		
1	6	8.0 \pm 0.8 ^a	1.59 \pm 0.13 ^{ab}	15.8 \pm 14.3 ^a		
1	24	8.3 \pm 0.9 ^a	1.67 \pm 0.14 ^b	16.8 \pm 9.3 ^{ab}		
1	96	8.2 \pm 1.0 ^a	1.61 \pm 0.19 ^{ab}	23.0 \pm 9.6 ^b		
2	1	10.5 \pm 0.9 ^a	2.03 \pm 0.20 ^a	36.1 \pm 18.7 ^a	0.27 \pm 0.06 ^b	0.13 \pm 0.03 ^c
2	6	12.0 \pm 0.9 ^b	2.38 \pm 0.14 ^b	41.1 \pm 19.3 ^{ab}	0.28 \pm 0.05 ^b	0.12 \pm 0.02 ^c
2	24	13.3 \pm 0.8 ^c	2.69 \pm 0.33 ^c	46.6 \pm 15.9 ^b	0.25 \pm 0.06 ^{ab}	0.09 \pm 0.02 ^b
2	96	13.5 \pm 1.3 ^c	2.86 \pm 0.24 ^c	43.3 \pm 10.0 ^{ab}	0.22 \pm 0.04 ^a	0.08 \pm 0.01 ^a
1	perspot	8.7 \pm 0.9	1.81 \pm 0.26			
2	perspot	13.3 \pm 0.7	2.66 \pm 0.25			

De waterhuishouding van het stek werd niet erg sterk beïnvloed door de IF tijdens de inductiefase (tabel 3). Toen de de wortels net zichtbaar werden bleek de xyleempotentiaal iets minder negatief te zijn bij de hoogste IF, maar geen van de

grootheden met betrekking tot de waterstatus vertoonde een correlatie met de groei (tabel 6). Er was weinig verschil in waterrelaties tussen stek op perspotjes en in pluggen (tabel 3).

Mineraalgehalten op de dag van oogst 1 vertoonden geen invloed van IF (tabel 4); er was dan ook geen correlatie tussen mineraalgehalten en IF (tabel 6). De minerale samenstelling van stek op perspotjes en in jute pluggen was overeenkomstig (tabel 4).

De hoeveelheid niet-structurele koolhydraten in het stek bij oogst 1 werd niet beïnvloed door de IF. Wel hadden stekjes bij de laagste IF een iets hoger drogestofgehalte (tabel 5). Er bleek een negatief verband te bestaan tussen het drogestofgehalte en de groei over de eerste periode (tabel 6). Koolhydraatgehalten in stek op perspotjes en op pluggen kwamen overeen, maar stek op pluggen leek wat minder droge stof te bevatten (tabel 5).

Tabel 2. Invloed van de IF (irrigatiefrequentie (b/dag) = aantal vloedbeurten per dag) op de RGR (relative groeisnelheid, uitgedrukt als percentage toename versgewicht per dag \pm SD; n=2), gedurende de initiatiefase (periode van oogst 0 tot 1) en de afhardingsfase (tussen oogst 1 en 2). Per fase zijn gemiddelden niet betrouwbaar verschillend ($p > 0,05$) als ze zijn gemarkeerd met dezelfde letter. Ter vergelijking staan onderaan waarden voor stek op perspotjes vermeld.

Fase (oogst)	IF (b/dag)	RGR (%/dag)
0 - 1	1	1.2 \pm 0.1 ^a
0 - 1	6	2.3 \pm 0.2 ^b
0 - 1	24	3.0 \pm 0.1 ^c
0 - 1	96	2.5 \pm 0.2 ^b
1 - 2	1	4.3 \pm 0.4 ^a
1 - 2	6	5.4 \pm 0.0 ^b
1 - 2	24	6.4 \pm 0.4 ^c
1 - 2	96	7.7 \pm 0.1 ^d
0 - 1	perspot	4.0 \pm 0.8
1 - 2	perspot	5.1 \pm 1.9

Tabel 3. Effecten van IF (irrigatiefrequentie (b/dag) = aantal vloedbeurten per dag) op de waterstatus and diffusieweerstand van het blad bij chrysantestek in jute pluggen (gemiddelden \pm SD; n=5). Per experiment staat per oogst de betrouwbaarheid van verschillen aangegeven (zelfde letter = niet betrouwbaar verschillend; $p > 0,05$). Ter vergelijking staan onderaan waarden voor stek op perspotjes weergegeven. g.g. = geen gegevens.

Oogst	Experi- ment	IF (b/dag)	Osmotische pot- entiaal (osM/kg)	Xyleem water- potentiaal (MPa)	Huidmondjes- weerstand (s/cm)	Turgor (MPa)
0	1	-	0.37 ± 0.03	0.80 ± 0.07	1.78 ± 0.22	0.12 ± 0.11
0	2	-	0.41 ± 0.02	0.96 ± 0.04	2.28 ± 1.90	0.07 ± 0.07
1	1	1	0.29 ± 0.02^{bc}	0.49 ± 0.11^b	1.95 ± 0.86^{bc}	0.25 ± 0.14^a
1	1	6	0.30 ± 0.04^c	0.45 ± 0.08^b	0.79 ± 0.61^{ab}	0.30 ± 0.08^a
1	1	24	0.26 ± 0.03^{ab}	0.31 ± 0.04^a	0.46 ± 0.50^a	0.35 ± 0.06^a
1	1	96	0.26 ± 0.01^a	0.39 ± 0.07^{ab}	2.13 ± 1.34^c	0.25 ± 0.05^a
1	2	1	0.35 ± 0.02^a	0.68 ± 0.10^b	1.99 ± 1.05^a	0.19 ± 0.06^a
1	2	6	0.33 ± 0.04^a	0.58 ± 0.08^{ab}	1.84 ± 0.72^a	0.25 ± 0.10^{ab}
1	2	24	0.35 ± 0.02^a	0.62 ± 0.12^{ab}	1.29 ± 0.44^a	0.25 ± 0.09^{ab}
1	2	96	0.32 ± 0.02^a	0.49 ± 0.11^a	1.96 ± 0.97^a	0.30 ± 0.09^b
2	1	1	0.31 ± 0.01^a	0.44 ± 0.07^b	2.26 ± 1.32^a	0.34 ± 0.04^a
2	1	6	0.31 ± 0.01^a	0.41 ± 0.02^b	1.84 ± 0.41^a	0.35 ± 0.04^a
2	1	24	0.30 ± 0.02^a	0.30 ± 0.04^a	1.75 ± 0.65^a	0.46 ± 0.03^b
2	1	96	0.31 ± 0.01^a	0.33 ± 0.03^a	2.19 ± 0.25^a	0.44 ± 0.01^b
2	2	1	0.30 ± 0.03^a	0.50 ± 0.08^b	0.95 ± 0.41^a	0.25 ± 0.08^a
2	2	6	0.27 ± 0.02^a	0.30 ± 0.06^a	0.97 ± 0.50^a	0.37 ± 0.08^b
2	2	24	0.29 ± 0.02^a	0.36 ± 0.07^a	1.00 ± 0.29^a	0.37 ± 0.06^b
2	2	96	0.30 ± 0.02^a	0.31 ± 0.04^a	0.98 ± 0.33^a	0.43 ± 0.11^b
1	1	perspot	0.25 ± 0.02	0.40 ± 0.09	g.g.	0.23 ± 0.04
1	2	perspot	0.27 ± 0.01	0.35 ± 0.09	g.g.	0.33 ± 0.08
2	1	perspot	0.32 ± 0.02	0.40 ± 0.05	3.28 ± 0.94	0.39 ± 0.07
2	2	perspot	0.29 ± 0.01	0.43 ± 0.06	1.26 ± 0.52	0.30 ± 0.04

3.2. Afhardingsfase

Aan het eind van de experimenten bleken de wortels in alle behandelingen zowel in aantal als biomassa te zijn toegenomen (tabel 1). Het wortelgewicht was het grootst bij de laagste IF; dit effect kwam extra sterk naar voren wanneer het relatief ten

opzichte van het scheutgewicht werd uitgedrukt (wortel/spruitverhouding). Onder invloed van de hoogste IF vormde het stek langere en dunnere wortels. Er bleken sterke correlaties te bestaan tussen IF en relatieve groeisnelheid (RGR) enerzijds, en de wortel/spruitverhouding anderzijds (tabel 6).

De bovengrondse groei nam sterk toe nadat de nieuwe wortels waren gevormd (tabel 2); de zwaarste en de langste stekken ontstonden bij de hoogste IF (tabel 1). Er werd dan ook een sterk positief verband gevonden tussen RGR en IF (tabel 6). RGR en absolute groei in de afhardingsfase van stek op perspotjes kwamen overeen met die van stek op pluggen bij een IF van zes beurten per dag (tabel 1, 2).

Het verwijderen van het PE-folie aan het begin van de afhardingsfase had een tijdelijke, sterke daling van de xylempotentiaal tot gevolg; na aanpassing herstelde de waterstatus van alle stekken zich vrij snel (figuur 1A). Aan het eind van de experimenten was er geen effect van IF te vinden op de openingstoestand van de huidmondjes en de osmotische potentiaal van het perssap, maar zowel de xylempotentiaal als de turgor waren lager bij de laagste IF (tabel 3). Dit komt overeen met positieve correlaties tussen enerzijds IF en RGR, en xylempotentiaal en turgor anderzijds (tabel 6).

Tabel 4. Effecten van de IF (irrigatiefrequentie (b/dag) = aantal vloedbeurten per dag) op mineraalgehalten ($\mu\text{mol/g(droog)} \pm \text{SD}$, $n=2$) van chrysantestek. Elk monster bestond uit het gecombineerde materiaal van vijf stekjes afkomstig uit een experiment. In elke kolom staat per oogst de betrouwbaarheid van verschillen aangegeven (zelfde letter = niet betrouwbaar verschillend; $p > 0,05$). Ter vergelijking staan onderaan waarden voor stek op perspotjes vermeld.

Oogst	IF (b/dag)	N	P	K $\mu\text{mol/g(droog)}$	Mg	Ca
1	1	3004 \pm 86 ^a	170 \pm 18 ^a	1167 \pm 24 ^a	105 \pm 15 ^a	228 \pm 0 ^a
1	6	3128 \pm 7 ^a	162 \pm 1 ^a	1196 \pm 40 ^a	93 \pm 6 ^a	210 \pm 32 ^a
1	24	3062 \pm 71 ^a	182 \pm 20 ^a	1219 \pm 15 ^a	97 \pm 8 ^a	191 \pm 76 ^a
1	96	3041 \pm 28 ^a	187 \pm 18 ^a	1170 \pm 115 ^a	95 \pm 9 ^a	185 \pm 52 ^a
2	1	2240 \pm 35 ^a	134 \pm 28 ^a	1130 \pm 170 ^a	103 \pm 21 ^a	194 \pm 1 ^a
2	6	2276 \pm 299 ^a	134 \pm 35 ^a	1168 \pm 216 ^a	98 \pm 12 ^a	209 \pm 43 ^a
2	24	2779 \pm 49 ^b	160 \pm 9 ^{ab}	1466 \pm 131 ^b	106 \pm 6 ^a	219 \pm 7 ^a
2	96	3069 \pm 188 ^b	178 \pm 21 ^b	1729 \pm 38 ^c	101 \pm 24 ^a	241 \pm 6 ^a
1	perspot	3254 \pm 105	182 \pm 9	1203 \pm 8	70 \pm 64	184 \pm 76
2	perspot	2974 \pm 1	198 \pm 16	1661 \pm 235	152 \pm 25	221 \pm 43

De irrigatiebehandelingen hadden een duidelijke invloed op de gehalten aan N, P en K in de spruit van beworteld stek; bij de eind oogst bleken ze het hoogst bij hoge IF (tabel 4). Een dergelijk verband werd niet of nauwelijks gevonden voor Ca en Mg. De eindgehalten aan N, P, K en Ca bleken correlaties te vertonen met de groei tijdens de afhardingsfase (tabel 6). Bij de eind oogst bleken niet alleen de gehalten aan N, K en Ca gecorreleerd te zijn met de IF, ook het netto-transport van deze elementen naar de spruit vertoonde dit verband (figuur 2). Het stikstofgehalte van stek bij de lagere IF bleek tijdens de afhardingsfase aanzienlijk af te nemen (figuur 1B). De minerale samenstelling van stek op perspotjes leek op dat van stek op plugjes bij hoge IF wat betreft N en K; stek op plugjes bevatte wat meer P en Mg (tabel 4).

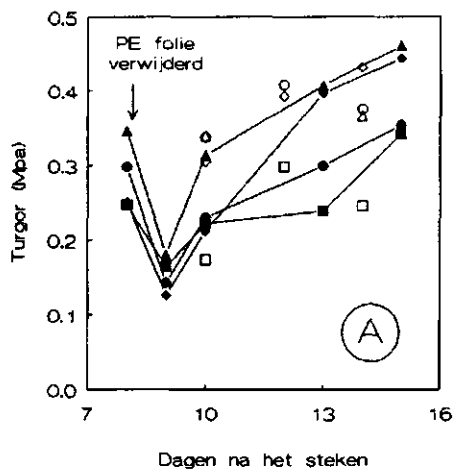
Tabel 5. Effecten van IF (irrigatiefrequentie (b/dag) = aantal vloedbeurten per dag) op het totaalgehalte aan niet-structurele koolhydraten (mmol hexose equivalent/g(droog) \pm SD; n=2) en drogestof-gehalte (g(droog)/g(vers) \pm SD; n=10) van chrysantestek. Elk monster in de koolhydraatbepaling bevatte gecombineerd materiaal van vijf stekjes afkomstig van een experiment. In elke kolom staat per oogst de betrouwbaarheid van verschillen aangegeven (zelfde letter = niet betrouwbaar verschillend; $p > 0,05$). Ter vergelijking staan onderaan de waarden voor stek op perspotjes weergegeven.

Oogst	IF (b/dag)	Hexose equivalent (mmol/g(droog))	Drogestof gehalte
1	1	0.45 \pm 0.07 ^a	0.12 \pm 0.00 ^b
1	6	0.46 \pm 0.06 ^a	0.10 \pm 0.00 ^a
1	24	0.44 \pm 0.07 ^a	0.10 \pm 0.00 ^a
1	96	0.44 \pm 0.10 ^a	0.11 \pm 0.00 ^a
2	1	0.57 \pm 0.06 ^b	0.11 \pm 0.00 ^c
2	6	0.56 \pm 0.01 ^{ab}	0.10 \pm 0.01 ^{bc}
2	24	0.42 \pm 0.06 ^{ab}	0.09 \pm 0.00 ^{ab}
2	96	0.41 \pm 0.07 ^a	0.08 \pm 0.00 ^a
1	perspot	0.45 \pm 0.11	0.09 \pm 0.00
2	perspot	0.39 \pm 0.06	0.08 \pm 0.00

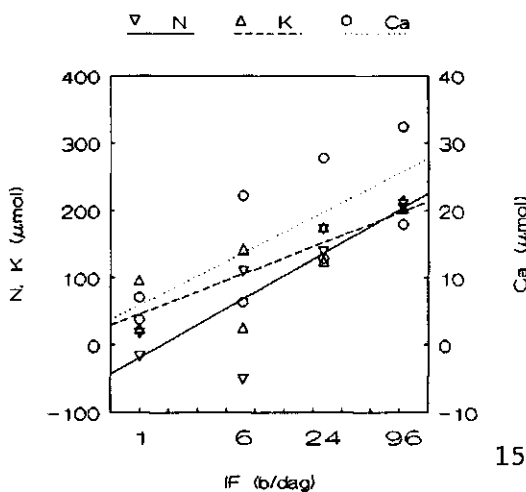
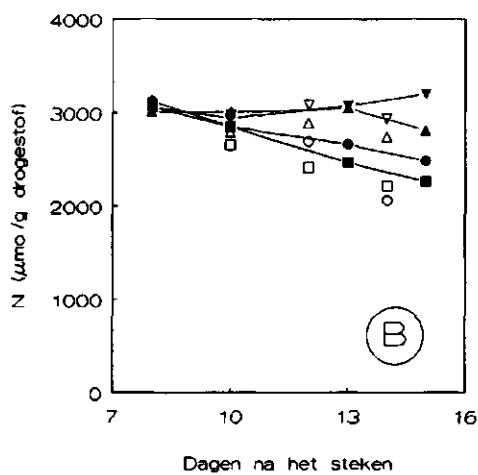
Stek dat onderworpen werd aan een lage IF vertoonde aan het eind van de experimenten hogere gehalten aan niet-structurele koolhydraten en droge stof dan bij hoge IF (tabel 5); zowel IF als RGR waren negatief gecorreleerd met deze grootheden (tabel 6). Stek op perspotjes kwam wat betreft droge stofpercentage en koolhydraatstatus overeen met stek op pluggen bij de hoogste IF (tabel 5).

Tabel 6. Pearson correlatiecoëfficiënten tussen gemeten waarden bij oogst 1 en 2 enerzijds en de natuurlijke logaritme van de irrigatiefrequentie $\ln(\text{IF})$ en de relatieve groeisnelheid (RGR) anderzijds. Berekeningen zijn uitgevoerd op basis van gemiddelde waarden per experiment. Betrouwbaarheid van de correlaties ($n = 8$) staat weergegeven met sterretjes: *** = $p < 0,001$; ** = $p < 0,01$; * = $p < 0,05$. g.g. = geen gegevens.

Oogst	ln(IF)		RGR	
	1	2	1	2
RGR	0.800 **	0.980 ***		
Steellengte	0.299	0.843 **	0.287	0.785 **
Scheut versgewicht	0.628	0.980 ***	0.785 *	0.976 ***
Scheut drooggewicht	0.030	0.220	-0.022	0.274
Aantal wortels	0.477	0.310	0.297	0.163
Wortel versgewicht	g.g.	-0.472	g.g.	-0.374
wortel drooggewicht	g.g.	-0.508	g.g.	-0.381
wortel/spruitverhouding	g.g.	-0.867 **	g.g.	-0.789 *
Niet-structurele koolhydraten	-0.068	-0.800 *	-0.074	-0.713 *
drogestof-gehalte	-0.699	-0.944 ***	-0.914 **	-0.903 **
N	0.133	0.883 **	0.374	0.896 **
P	0.521	0.672	0.427	0.740 *
K	0.088	0.862 **	0.377	0.916 ***
Mg	-0.369	0.025	-0.373	0.125
Ca	-0.439	0.723 *	-0.448	0.740 *
Osmotische potentiaal blad	-0.376	-0.015	-0.197	0.094
Xyleem waterpotentiaal	0.478	0.790 *	0.413	0.798 *
Huidmondjesweerstand	-0.081	-0.027	-0.572	0.116
Celspanning blad	0.528	0.834 **	0.694	0.896 **



Figuur 1: Tijdsverloop van (A) celspanning in de bladeren en (B) gehalten aan totaal stikstof in de scheut van stek tijdens de adaptatiefase, onder invloed van verschillende irrigatiefrequenties (aantal vloedbeurten per dag): ruiten = 96; driehoekjes = 24; rondjes = 6; vierkantjes = 1. Ingevulde symbolen = experiment 1; open symbolen = experiment 2.



Figuur 2: Netto mineralentransport van de wortels naar de spruit van chrysan-testek tijdens de adaptatiefase bij verschillende irrigatiefrequenties (IF (b/dag) = aantal vloedbeurten per dag; logaritmische schaal). F-waarden van verklaarde variantie tegen de residuele kwadratenom (zes vrijheidsgraden) na lineaire regressie van netto transport tegen $\ln(\text{IF})$ waren: N: 0,006 **; K: 0,012 *; Ca: 0.034 *. Voor P en Mg werd geen betrouwbaar verband gevonden.

4. DISCUSSIE

Bij de vermeerdering van gewassen op basis van stek kunnen in het algemeen twee fasen worden onderscheiden (Blazich, 1988): de eerste fase, de initiatie- of inductiefase, vindt meestal plaats in vochtverzadigde lucht vanwege het zeer beperkte vermogen tot wateropname van onbeworteld stek; in de tweede fase, de afhardings- of adaptatiefase moet het beworteld stek zich aanpassen aan een normaal kasklimaat. De vegetatieve vermeerdering van chrysant duurt in de praktijk gewoonlijk omstreeks twee weken. Tijdens deze periode kan het versgewicht van de scheut zich ongeveer verdubbelen (van 1-1,4 tot 2-2,8 g). Deze groei vindt waarschijnlijk vooral plaats tijdens de afhardingsfase, waarin het plantje beschikt over een wortelstelsel, hoewel het bekend is dat de biomassa van stek ook zonder wortels kan toenemen (Eliasson, 1978).

De grote hoeveelheid vakliteratuur over beworteling van stek houdt zich vooral bezig met de inductiefase en met de moerplanteffecten (zie bijv. Jackson, 1986; Davis et al., 1988). Veel minder informatie is te vinden over optimale teeltcondities tijdens de afhardingsfase. De hier beschreven experimenten gingen uit van de gedachte, dat het stek tijdens de afhardingsfase in principe over een functioneel wortelstelsel beschikt. Dit betekent dat de eisen die het stek in deze fase aan de teeltomstandigheden stelt waarschijnlijk bepaald zullen zijn door zulke basale processen als: minerale voeding, waterhuishouding, fotosynthese en ademhaling. Om groeikrachtig en uniform stek te produceren, moeten optimale teeltomstandigheden worden bepaald.

Behalve van gunstige bovengrondse omstandigheden, hangt de gewasproductie over het algemeen af van een voldoende beschikbaarheid van water, voedingselementen en zuurstof in het wortelmilieu. Daarnaast moeten de pH, EC en temperatuur van de wortelomgeving binnen zekere grenzen blijven. Om in deze basisbehoeften van de wortels te voorzien bestaan er twee verschillende irrigatiestrategieën (Raats, 1980). Ten eerste, in systemen met weinig doorspoeling wordt de dosering van voedingsoplossing voornamelijk bepaald door de waterbehoefte van het gewas; er wordt meestal alleen wat extra gegeven om variaties in het watergeefstelsel te ondervangen. Deze strategie wordt normaal toegepast in de grondteelt. Omdat de zuurstofvoorziening van de wortels in dit systeem voornamelijk afhangt van diffusie door luchtgevulde poriën in de bodem, is de kans op het ontstaan van zuurstofgebrek bij te ruime watergift groot (Steiner, 1977; Jackson, 1980; Buwalda, 1991). Ten tweede, bij systemen met veel doorspoeling zoals voedingsfilm (NFT), is de dosering van voedingsoplossing aanzienlijk veel groter dan de waterbehoefte van het gewas (bijv. 10 - 100 maal overmaat). Zolang de samenstelling

van de voedingsoplossing redelijk constant blijft, wordt de opname van water en voedingsstoffen in deze systemen vooral bepaald door de eigenschappen en regulatieprocessen van de planten, en veel minder door fysische eigenschappen en processen in het wortelmilieu (Olsen, 1953; Graves, 1983). In systemen met hoge doorspoeling is het massatransport van zuurstof in de voedingsoplossing vaak toereikend om in de zuurstofbehoefte van de wortels te voorzien (Maher, 1977; Jackson, 1980; Gislerod en Kempton, 1983). Door de relatief snelle verversing van de voedingsoplossing rond de wortels zijn systemen met hoge doorspoeling minder afhankelijk van waterberging en ionenuitwisselingscapaciteit in het substraat dan die met weinig doorspoeling. Terwijl irrigatie met weinig doorspoeling de algemeen toegepaste methode is bij de beworteling van chrysantestek op perspotjes, lijkt een watergeefstelsel met een hoge doorspoeling meer geschikt voor de jute plugjes.

De resultaten van dit onderzoek laten zien dat het mogelijk was om zware en goed groeiende stekken te kweken in jute plugjes, geschikt voor waterige teeltsystemen, door toepassing van een irrigatietechniek met hoge doorspoeling (eb/vloed) tijdens de beworteling. Jute was gekozen vanwege de lage materiaalkosten, de homogeniteit, waterberging en drainage-eigenschappen. Verder is jute een organisch, afbreekbaar materiaal, waardoor problemen met de verwerking van afval na de oogst beperkt blijven.

Een hoge IF tijdens de afhardingsfase had een duidelijk effect op bijna alle gemeten grootheden (tabel 6). Dit laat zien dat de toevoer van voedingsoplossing van doorslaggevend belang kan zijn tijdens de beworteling van stek. Bij een hoge IF zorgden gunstige waterrelaties en een efficiënte opname van voedingsstoffen ervoor dat de stekken het grootste deel van hun assimilaten konden omzetten in nieuwe biomassa (tabel 1-5). Wanneer water of voeding in onvoldoende hoeveelheden kan worden opgenomen, vermindert de groei en hopen de assimilaten zich op (Curtis en Clark, 1950). Dit effect blijkt hier duidelijk uit het sterke, negatieve verband dat gevonden werd tussen zowel het droge stof-percentages als het gehalte aan niet-structurele koolhydraten aan de ene kant, en de groei (RGR) anderzijds (tabel 6). Een verdere factor die de bovengrondse groei van het stek beperkte, was de allocatie van biomassa: bij lage IF ontstond een relatief hoge wortel/spruitverhouding (tabel 1). Een gestimuleerde wortelgroei kan zowel worden veroorzaakt door stikstofgebrek als door droogte (watertekort); algemeen wordt aangenomen dat dit te maken heeft met de verhoogde assimilatengehalten wanneer de scheutgroei is geremd (Curtis en Clark, 1950; Salisbury en Ross, 1992). Deze overweging wekt wat twijfel aan het wijdverbreide gebruik van wortelontwikkeling als het belangrijkste (positieve) kwaliteitskenmerk van stek (bijv. Blazich, 1988), omdat onder bepaalde omstandigheden een sterke wortelgroei eerder een symptoom van stress kan zijn, dan

dat het wijst op een goede kwaliteit.

Op basis van de resultaten van deze proeven is het niet mogelijk om definitief te concluderen of de groei van het stek bij lage IF was beperkt door de mineralenopname of door watertekort; meetgegevens van beide categorieën waren gecorreleerd met de groei (RGR; tabel 6), terwijl ze als proeffactor niet onafhankelijk zijn gevarieerd. Niettemin kan uit de volgende argumentatie een aanwijzing verkregen worden:

- Een mogelijk watertekort was duidelijk niet ernstig genoeg om de openingstoestand van de huidmondjes te beïnvloeden (tabel 3). Daar komt bij dat de toegenomen koolhydraatgehalten bij lage IF (tabel 5) duidelijk aangeven dat de groei niet werd beperkt door de fotosynthese, zoals kan optreden wanneer door sluiting van de huidmondjes de gaswisseling wordt beperkt.
- Ook bij de laagste IF bleek de turgor zich efficiënt te herstellen nadat het PE-folie verwijderd was (figuur 2a), zonder dat daarvoor een osmotische adaptatie van de bladcellen nodig was (tabel 3).
- Tijdens de afhardingsfase verminderde het stikstofgehalte van het stek bij de laagste IF aanzienlijk, terwijl het bij de hoogste IF constant bleef (figuur 2B). Inderdaad kon worden berekend dat de stikstof-opname bij lage IF onvoldoende was om netto N-transport naar de spruit mogelijk te maken (figuur 2). Ook de opname van K en Ca bleken sterk te zijn geremd bij lage IF. De resultaten wijzen er dus duidelijk op, dat de groei van het stek tijdens de afhardingsfase was beperkt door de opname van minerale voeding (met name stikstof) en niet door een verminderde beschikbaarheid van water.

Zoals verwacht had de IF weinig invloed op de groei van het stek tijdens de inductiefase (tabel 2). Zonder een wortelstelsel waren de stekken niet in staat om te profiteren van een toegenomen beschikbaarheid van water en voedingsstoffen in de pluggen bij hoge IF. Het geringe positieve effect van een hoge IF op de groei en waterhuishouding dat gevonden werd kan waarschijnlijk worden verklaard door het iets eerder verschijnen van wortels (tabel 1). De Klerk et al. (1990) vonden dat het synthetische wortelhormoon IBA de aanleg van wortels stimuleert, maar de uitgroei van wortels juist kan remmen. Er zou verondersteld kunnen worden dat het hormoonpoeder bij hoge IF eerder of efficiënter van de onderste stengedelen werd weggespoeld, waardoor indirect het uitlopen van wortels enigszins werd gestimuleerd.

Als conclusie kan worden geformuleerd dat een intensieve doorspoeling met voedingsoplossing inderdaad de beperking van de groei van chrysantestek kan opheffen, die ontstaat door de geringe beschikbaarheid van water en voedingsstoffen in de jute pluggen. Bij de hoogste IF bleek het stek wat betreft versgewicht en

kwaliteit niet onder te doen voor het conventionele chrysantestek op perspotjes. Door toepassing van deze techniek kan groeikrachtig en uniform uitgangsmateriaal worden gekweekt, geschikt voor toepassing in waterige teeltsystemen. Hierdoor kan de kans toenemen, dat dergelijke systemen economisch rendabel kunnen worden toegepast. Verder zou het interessant zijn om eens te onderzoeken, of de opkweek van uitgangsmateriaal van andere gewassen kan worden verbeterd door een betere beheersing van de omstandigheden in het wortelmilieu, in het bijzonder de beschikbaarheid van voedingsstoffen.

5. LITERATUUR

- Alt, D., Karsting, W. and Krupp, J., 1989. Aeroponik: gute Kulturerfolge. Gb+Gw 20: 958-961.
- Alt, D., Schreur, R., Ellmann, J. and Krupp, J., 1991. Chrysanthenen in Aeroponik. Deutscher Gartenbau 16: 1012-1014.
- Blazich, F. A., 1988. Mineral nutrition and adventitious rooting. In: T. D. Davis, B. E. Haissig and N. Sankhla (Editors), Adventitious root formation in cuttings. Dioscorides Press, Portland OR, pp. 61-69.
- Buwalda, F., 1991. Luchtig substraat belangrijker dan belucht water. Groenten + Fruit / Glasgroenten 27: 30-31.
- Buwalda, F. and Kim, K. S., 1992. Beter stek voor substraatloze teeltsystemen. Vakblad Bloemisterij 45: 35.
- Buwalda, F., Van den Berg - De Vos, B. and Van Weel, P. A., 1992. Jaarrondchrysanthen op een substraatloos teeltsysteem. Vakblad Bloemisterij 12: 42-45.
- Buwalda, F., Baas, R. and Van Weel, P. A., 1993. A soilless cultivation system for all-year-round chrysanthemums. Acta Hort. (in press).
- Davis, T. D., Haissig, B. E. and Sankhla, N. (Editors), 1988. Adventitious root formation in cuttings. Dioscorides Press, Portland OR.
- Curtis, O. F. and Clark, D. G., 1950. Factors influencing root growth and the ratio between roots and tops. In: An introduction to plant physiology. McGraw-Hill, New York, pp. 666-688.
- De Klerk, G. J., Ter Brugge, J., Smulders, R. and Benschop, M., 1990. Basic peroxidases and rooting of microcuttings of *Malus*. Acta Hort. 280: 29-36.
- De Visser, A. J. and Hendrix, A. T. M., 1987. Economic aspects of growing systems for all-year-round chrysanthemums. Acta Hort. 197: 111-114.
- Eliasson, L., 1978. Effects of nutrients and light on growth and root formation in *Pisum sativum* cuttings. Physiol. Plant. 43: 13-18.
- Gislerod, H. R. and Kempton, R. J., 1983. The oxygen content of flowing nutrient solutions used for cucumber and tomato culture. Sci. Hort. 20: 23-33.
- Graves, C. J., 1983., The nutrient film technique. Hort. Rev. 5: 1-44.
- Jackson, M. B., 1980. Aeration in the nutrient film technique of glasshouse crop production and the importance of oxygen, ethylene and carbon dioxide. Acta Hort. 98: 61-78.
- Jackson, M. B. (Editor), 1986. New root formation in plants and cuttings, Martinus Nijhoff Publ. Dordrecht.
- Maher, M. J., 1977. The use of hydroponics for the production of greenhouse tomatoes in Ireland. IWOSC Proceedings 1976, pp. 161-169. IWOSC Publ.

Wageningen.

- Morgan, J. V., Moustafa, A. T., Scanlan, F., and Tan, A., 1980. Propagation techniques for crops in nutrient solution culture. *Acta Hort.* 98: 243-251.
- Olsen, C., 1953. The significance of concentration on the rate of ion absorption by higher plants in water culture. III. The importance of stirring. *Physiol. Plant.* 6: 844-847.
- Raats, P. A. C., 1980. The supply of water and nutrients in soilless culture. *ISOSC proceedings, Wageningen 1980*, pp. 53-62.
- Ruijs, M. N. A. and Van Os, E. A., 1990. Wortelbevochtiging door eb-vloed bedrijfseconomisch het gunstigst. *Vakblad Bloemisterij* 35: 28-31.
- Salisbury, F. B. and Ross, C. W., 1992. *Plant Physiology*. Wadsworth Publ. Comp., Belmont CA.
- Sonneveld, C. and Straver, N., 1989. Nutrient solutions for vegetables and flowers grown in water or substrates. *Voedingsoplossingen in de glastuinbouw vol. 8* (8th edition). PTG Naaldwijk, PBN Aalsmeer, Consulentenschap voor de Tuinbouw.
- Steiner, A. A., 1977. The development of soilless culture and introduction to the congress. *IWOSC Proc. 4th Int. Congress Soilless Cult.*: 21-31.
- Van der Hoeven, A. P., 1987. Chrysanthemum production in the Netherlands. *Acta Hort.* 197: 11-19.
- Van Os, E. A., 1980. Complete mechanization of the growing of cut chrysanthemums in nutrient film. *ISOSC Proceedings 1980, Wageningen*.
- Van Os, E. A., 1986. Technical and economical consequences and mechanization aspects of soilless growing systems. *Acta Hort.* 178: 85-92.
- Van Os, E. A., Ruijs, M. N. A. and Van Weel, P. A., 1991. Closed business systems for less pollution from greenhouses. *Acta Hort.* 294: 49-57.
- Van Weel, P. A., De Dood, J. and Woittiez, R. D., 1992. Cut-rose production in closed systems with emphasis on environmental aspects. *Acta Hort.* 303: 15-21.
- Vernooij, C. J. M., 1992. Reduction of environmental pollution by recirculation of drain water in substrate cultures. *Acta Hort.* 303: 9-13.

•
•
•

•
•
•