

1  
B  
98  
Proefstation voor de Bloemisterij in Nederland  
Linnaeuslaan 2A  
1431 JV Aalsmeer  
tel. 02977-52525  
fax. 02977-52270

ISSN 0921-710X

**Teelt van jaarrondchrysan (*Dendranthema indicum* 'Improved Reagan') op een recirculerend eb/vloedsysteem: Produktiecijfers 1990 - 1993**

Proefverslag 6307.1

Rapport 176

Prijs f 10,-

Aalsmeer, april 1994

Dr. F. Buwalda  
B. van den Berg - de Vos

Rapport 176 wordt u toegestuurd na storting van f 10,- op girorekening 174855 ten name van Proefstation Aalsmeer onder vermelding van: 'Rapport 176 Jaarrondchrysan op een recirculerend eb/vloedsysteem'.

## INHOUD

Noot van de auteur	3
Samenvatting	4
1. Inleiding	4
2. Materiaal en methoden	5
2.1. Teeltsysteem	5
2.2. Plantmateriaal	6
2.3. Kas	8
2.4. Assimilatiebelichting	8
2.5. Voedingsoplossing	9
2.6. Proeven	10
2.7. Plantverband	10
2.8. Oogst	11
2.9. Uitval	11
2.10. Berekening produktiviteit	11
3. Resultaten	13
3.1. Takgewichten	13
3.2. Seizoenseffecten	15
3.3. Productie op kleikorrelbedden met eb/vloed	16
3.4. Produktiemodel	18
3.5. Productieplanning op basis van produktiemodel en veilinggegevens	20
3.6. Berekening van de jaarproductie met behulp van een simulatieprogramma	23
4. Discussie	24
4.1. Teelt op waterige systemen	24
4.2. Teeltkundige ervaringen in Aalsmeer	26
4.3. Arbeidskundige aspecten	27
4.4. Economische aspecten	27
4.5. Toekomstperspectief	28
4.6. Aanbevelingen voor verder onderzoek	29
5. Literatuur	32
Bijlage 1. Model voor sturing van de eb/vloedfrequentie	34
Bijlage 2. Ontwikkeling en toetsing van het produktiemodel	36
Bijlage 3. Simulatieprogramma jaarrondeelt op eb/vloed	40

Noot van de auteur

Dit rapport is onderdeel van de serie: 'Ontwikkeling van een substraatloos, recirculerend eb/vloedsysteem voor de teelt van chrysanth'. In deze serie worden de resultaten van project 6307 (voorheen PBN 4404) gepresenteerd.

De onderzoekers zijn dank verschuldigd aan de Commissie Besteding Schikkingsgelden Rijnproces voor financiële ondersteuning. Ook worden de diverse geraadpleegde deskundigen uit onderzoek en praktijk bedankt voor hun opbouwende kritiek op eerdere versies van dit rapport.

Fokke Buwalda

## **SAMENVATTING**

In een periode van drie jaar zijn teeltproeven uitgevoerd met chrysanth op een substraatloos, recirculerend eb/vloedsysteem. Uit de tien proeven die in deze periode zijn uitgevoerd, is gebleken dat het mogelijk is om jaarrond een goede kwaliteit chrysanthen te telen. Ook met eb/vloed-irrigatie in kleikorrelbedden werden goede teeltresultaten geboekt. Hierbij was ontsmetten van voedingsoplossing of teeltsysteem niet nodig. Ook hoefde de voedingsoplossing bij teeltwisseling niet te worden ververs. Modelberekeningen op basis van de produktiegegevens uit deze tien proeven geven aan dat een produktieverhoging ten opzichte van het jaargemiddelde bij teelt in de grond tot de reële mogelijkheden behoort. Dit opent mogelijkheden voor een economisch rendabele toepassing van het systeem. Meer duidelijkheid over de kansen op een succesvolle introductie van het systeem in de praktijk kan worden verkregen door toetsing van deze resultaten bij onderzoeksinstellingen en demonstratiebedrijven, het verder ontwikkelen van het systeem en een vergroting van het inzicht in de voorwaarden voor een succesvolle teelt. Relevant zijn in dit opzicht het PGB-project 7401 (voorheen 125) en de recentelijk gestarte proeven met diverse varianten van het eb/vloedsysteem bij DENAR-kas B.V. in Rijswijk en Proeftuin Noord-Limburg in Horst.

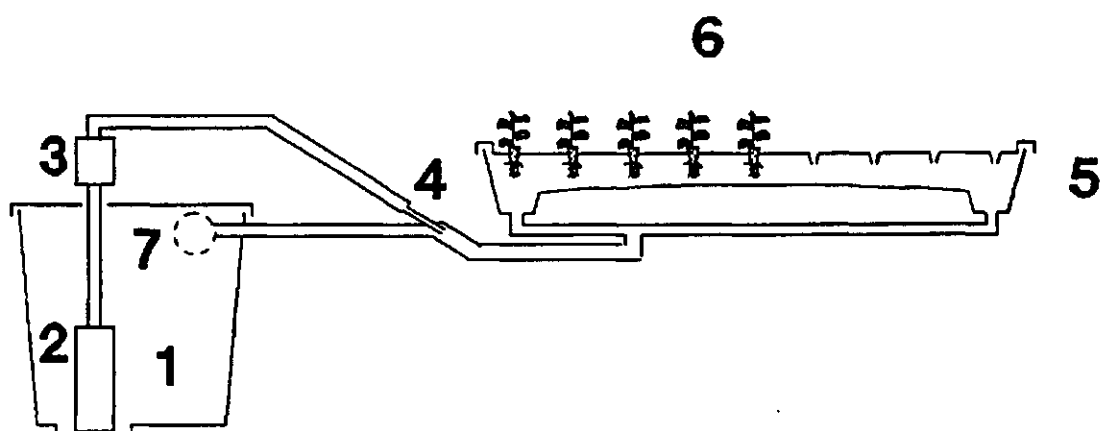
## 1. INLEIDING

Met als doel het beperken van emissies van mineralen en bestrijdingsmiddelen naar het milieu wordt gewerkt aan het ontwikkelen van teeltsystemen, waarbij het drainwater kan worden gerecirculeerd. Voor de teelt van jaarrondchrysanthen in Nederland werd op grond van een bedrijfseconomische simulatiestudie het substraatloze eb/vloedsysteem beschouwd als een kansrijk alternatief voor teelt in de grond (Ruijs et al., 1990). Deze inschatting was gebaseerd op de verwachting dat met de teelt op eb/vloed een produktieverhoging (6% teeltversnelling en 5% hogere plantdichtheid) kan worden gerealiseerd ten opzichte van de teelt in kasgrond. Tevens werd verwacht dat door een grotere uniformiteit het in één keer oogsten van het hele gewas mogelijk wordt (3% winst). Meer in het algemeen wordt ook vaak gesteld dat bij bepaalde teeltsystemen 'los van de ondergrond' een produktieverhoging kan worden bereikt door een betere beheersbaarheid van de condities in het wortelmilieu (Graves, 1983).

Los van de uitkomsten van de simulatiestudie van Ruijs et al. (1990) is in 1989 besloten om binnen het tuinbouwkundig onderzoek aandacht te gaan besteden aan de ontwikkeling van gesloten teeltsystemen voor chrysanthe: verschillende substraat-systemen (PTG), wortelbesproeiing (PTG en Proeftuin Noord-Limburg) en eb/vloed (PBN). Verder is eind 1990 bij de gezamenlijke proefstations in samenwerking met het IMAG een project gestart dat tot doel had het ontwikkelen en toetsen van gesloten bedrijfssystemen voor verschillende tuinbouwgewassen, waaronder chrysanthe (project 7401, voorheen 125).

Dit rapport gaat in op de vraag of de teelt van chrysanthe op een substraatloos eb/vloedsysteem, zoals dat van 1990 tot 1993 bij het PBN in Aalsmeer is uitgetest, aan de gestelde verwachting heeft voldaan.

## 2. MATERIAAL EN METHODEN



Figuur 1: Schematische weergave van het substraatloze eb/vloedsysteem. 1: ingegraven tank met  $1 \text{ m}^3$  voedingsoplossing; 2: dompelpomp, bestuurd door een tijdschakelaar; 3: fijnmazig filter; 4: venturi; 5: vier geprofileerde  $5 \text{ m}^2$  kunststof goten; 6: chrysantestek, beworteld in substraatplugjes werd geplant in tapse plantgaten die zich op  $12,5 \text{ cm}$  onderlinge afstand bevonden in kunststof deksels; 7: een grof filter aan het eind van de terugloopleiding.

### 2.1. Teeltsysteem

Het eb/vloedsysteem bestond uit geprofileerde kunststof goten (hard polystyreen; HaWe) van  $115 \text{ cm}$  breedte en  $450 \text{ cm}$  lengte (figuur 1). Het profiel met twee zijgoten was ontworpen met het oog op een homogene waterverdeling en snelle afvoer van voedingsoplossing. Vanuit ingegraven voorraadtanks werd voedingsoplossing periodiek in de goten gepompt door middel van een dompelpomp en een venturi; zodra het pompen stopte, stroomde de voedingsoplossing in 3 - 4 minuten passief terug in de voorraadtank. Vanuit elke tank van  $1 \text{ m}^3$  werden vier goten van elk  $5 \text{ m}^2$  teeltoppervlakte van voedingsoplossing voorzien, waarbij ongeveer  $35 \text{ l/m}^2$  bed werd opgepompt. In het basisontwerp waren geen mechanische kleppen nodig (resultaten van proeven met een aangepast ontwerp zijn elders beschreven; Buwalda et al., 1994). De pompen werden aanvankelijk aangestuurd door een programmeerbare schakelklok (Grasslin). Vanaf week 40 (1991) is een

computergestuurde regeling geïnstalleerd die de irrigatiefrequentie verhoogde wanneer door de stralingssom of door het stoken met de buisverwarming (graadminuten) een grenswaarde was overschreden (zie bijlage 2). De 24 goten, aangesloten op zes voorraadtanks, werden over de kas verdeeld volgens een gerandomiseerd plaatsingsschema met vier blokken (in elk blok kwamen dus alle zes behandelingen een keer voor). Langs elke zijgevel werd een extra set van vier goten en een tank geplaatst om randeffecten binnen de proef te minimaliseren.

In de proeven waarbij geen substraat in de goten werd toegepast werden de lege goten afgedekt met kunststof deksels (figuur 1) met daarin om de 12,5 x 12,5 cm taps toelopende gaten (2,6-1,8 cm diameter en 2 cm diep; open aan de onderkant).

In proeven waarbij wel substraat werd toegepast werden de bedden tot de rand gevuld met kleikorrels (Jongkind LECA 4-8 mm rond; laagdikte 5 cm). Door het volume dat werd ingenomen door de korrels was het benodigde volume voedingsoplossing kleiner: bij 15 - 20 l/m<sup>2</sup> bed werd de bovenste laag korrels nog net vochtig. Voor een goede aan- en afvoer van voedingsoplossing, zonder dat daarbij de korrels in de leidingen terecht kwamen, zijn twee uitvoeringen getest. In het ene geval (figuur 2a) werden de zijgoten afgedekt met kunststof schotjes, waarbij onbelemmerd watertransport nog mogelijk was via de drainageprofielen in de bodem van de bedden. De zo ontstane (vrijwel) vlakke bodem werd bedekt met anti-worteldoek (acryldoek). In het andere geval (figuur 2b) bevonden zich in de drainagegoten over de hele lengte kale kunststof drainslangen (6 cm buitendiameter) die met standaard PVC-fittingen op de bestaande aan- en afvoer aangesloten werden. Hierbij werden de bedden volgestort met kleikorrels, zonder dat acryldoek werd gebruikt. In dit laatste geval werd aan het eind van de drainageslang een verticale PVC-buis aangebracht (lengte 80 cm, doorsnede 6 cm). Het idee was dat door temperatuurverschillen een schoorsteeneffect zou ontstaan. Hierdoor een luchtstroom op gang kunnen komen, waardoor binnen de drainageslang een ongunstig klimaat voor wortelgroei zou ontstaan. De wortelgroei binnen de slangen bleek inderdaad te verwaarlozen te zijn, maar de samenhang met dit schoorsteeneffect is niet geverifieerd.

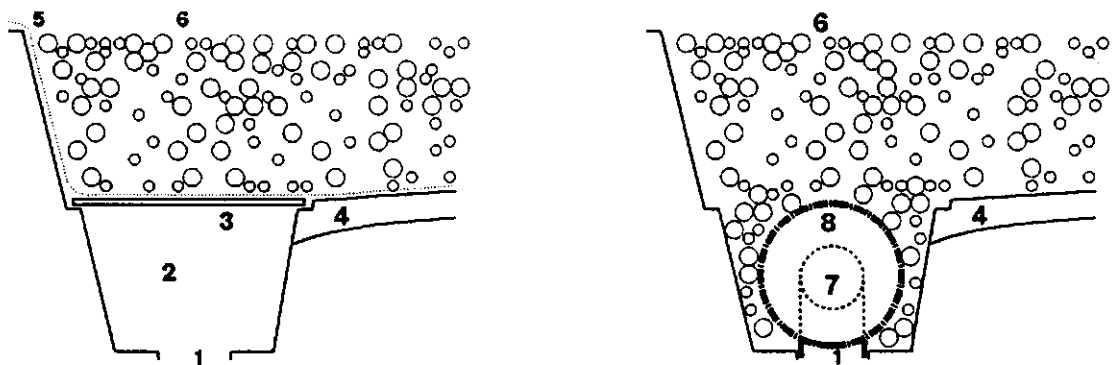
De planten werden op dit systeem op twee manieren geplant: van stek op jute plugjes werden de plugjes begraven in de kleikorrels, bij stek op perspotjes werden de potjes ca. 1 cm in de korrels geduwd.

## 2.2. Plantmateriaal

Stek van chrysant (*Dendranthema indicum* cv. 'Improved Reagan') werd beworteld door stekleverancier Koninklijke Van Zanten B.V., Hillegom; in enkele gevallen werd

stekmateriaal van deze leverancier bij het PBN beworteld in jute plugjes op eb/vloedtafels, volgens de methode beschreven in een eerder PBN-rapport (Buwalda et al., 1993). Bij twee proeven in 1991 zijn naast de bovengenoemde cultivar ook 'Refla', 'Maj. Bosshardt' en 'Cassa' geplant.

De planten werden beworteld in kleine substraatplugjes die op maat gemaakt waren voor de gaten in de plantdeksels. Na achtereenvolgens te hebben geëxperimenteerd met 'Royal'- en 'Hypol'-pluggen (beide bestaande uit veen met een bindmiddel) en steenwolpluggen (Grodan) werd uiteindelijk gekozen voor pluggen van jute, vervaardigd door de firma NJI (Rijssen). Beide typen veenmateriaal bleken niet te voldoen omdat ze tijdens de teelt hun structuur verloren, zodat de planten scheef gingen staan of door de plantdeksels heen zakten. Jute en steenwol waren teeltkundig veel geschikter, waarbij jute nog het voordeel heeft dat het (organisch) afval na de oogst gemakkelijker te verwerken is. De jute pluggen blijken in de huidige vorm wel als nadeel te hebben, dat het steksteken relatief bewerkelijk is (informatie Kon. van Zanten, Hillegom).



A

B

Fig. 2: Details van het eb/vloedsysteem uitgevoerd als substraatbed met kleikorrels. Links: met open zijgoten voor aan- en afvoer van voedingsoplossing, waarbij de kleikorrels op vliesdoek liggen. Rechts: met drainageleidingen ingegraven in de kleikorrels. 1: Aan- en afvoerleiding voor voedingsoplossing, 2: open zijgoot, 3: kunstsof schotje, 4: drainageprofiel in de eb/vloedgoot, 5: vliesdoek, 6: laag van 5 cm kleikorrels, 7: PVC-aansluiting van drainageleiding op de doorvoer in de goot, 8: Drainageleiding met sleuven.

### 2.3. Kas

De proeven werden uitgevoerd in een kasafdeling van 300 m<sup>2</sup> (Energiekas 2; PBN Aalsmeer), aanvankelijk uitgerust met een dubbel acrylaatdek ('stechdoppel'), vanaf week 30 in 1992 met een enkel glasdek. Overige speciale voorzieningen voor de chrysantenteelt waren:

- Verduisteringsscherm voor korte dag-behandelingen;
- Dagverlenging met 24 Philips SL 18W-lampen, regelmatig verdeeld over de kas en aangesloten op een tijdschakelaar;
- Steungaas met mazen van 12,5 x 12,5 cm (9 mazen breed);
- Buisverwarming, opgehangen 10 cm boven de goten;
- Regenleidingen, waarmee tijdens de eerste weken na het uitplanten de RV op peil gehouden kon worden. Vanaf de tweede helft van 1991 werd de berekening automatisch gestuurd op basis van een instelbare bovengrenswaarde voor het vochtdeficiet. Bij een ingestelde minimale cyclustijd van 20 minuten en een sproeiduur van 10 seconden werd steeds zoveel regenwater gedoseerd als op een zonnige dag in 15 minuten weer kon opdrogen. Een uur voor zonsondergang of een uur voordat het verduisteringsscherm dichtging, werd de berekening gestopt om te voorkomen dat het gewas 's nachts nat zou blijven. Bij het uitplanten werd de grenswaarde voor het vochtdeficiet ingesteld op 7 g/m<sup>3</sup>, de ingestelde waarde werd vervolgens wekelijks met een punt verhoogd.

### 2.4. Assimilatiebelichting

Van week 43 (1992) tot week 18 (1993) zijn twee proeven uitgevoerd met assimilatiebelichting. Hierbij werden in de helft van de kas (noordzijde) acht SON-T breedstralers opgehangen (ongeveer overeenkomend met één lamp per 16 m<sup>2</sup> kasruimte). Door middel van een tussenscherm dat 's avonds en bij zeer donker weer werd gesloten, werd voorkomen dat de lampen significant bijdroegen aan de stralingssom van de vakken aan de zuidzijde van de kas (onbelichte controlebehandeling). In dit rapport komen de resultaten van de teelten onder assimilatielampen slechts zijdelings aan de orde; tenzij duidelijk vermeld hebben alle gegevens betrekking op de onbelichte teelten en op de onbelichte controlebehandeling van de proeven, waarbij assimilatiebelichting een proeffactor was. Voor een gedetailleerd verslag van deze proeven wordt verwezen naar een volgend rapport in deze serie.



Tabel 1: Samenstelling van de verse voedingsoplossing en streefwaarden in het teeltsysteem (hoofdelementen in mol/m<sup>3</sup>, spoorelementen vanaf Fe in mmol/m<sup>3</sup>). In 1991 en in 1992 hebben aanpassingen plaatsgevonden ten opzichte van het originele recept van Sonneveld en Straver (1989).

Voedingsstof:	1990	1991	1992	Streef- waarde
Nitraat (mol/m <sup>3</sup> )	10,5	10,5	12,5	10
Ammonium	0,5	0,5	1,0	0 - 0,5
Fosfaat	1,5	1,5	1,5	1,5
Kalium	7,5	7,5	9	7 - 8
Calcium	2,75	2,75	2,25	2 - 2,5
Magnesium	1,0	1,0	1,0	1,0
Sulfaat	1,75	1,75	1,25	1,5 - 2
Fe-EDDHA (mmol/m <sup>3</sup> )	60	40	40	40 - 50
Mangaan	20	30	30	10 - 20
Borium	20	10	10	10
Koper	0,5	0,5	0,5	0,5
Molybdeen	0,5	0,5	0,5	0,5
Zink	-	-	1,5	3
pH	5,5	5,5	5,5	5,0 - 6,0
EC	1,8	1,8	1,9	1,8 - 2,0

## 2.5. Voedingsoplossing

Aanvankelijk werd de voedingsoplossing voor chrysant met recirculatie op basis van regenwater toegepast (zie tabel 1) volgens het recept van Sonneveld en Straver (1989). EC en pH in de tanks werden drie keer per week gemeten; de minerale samenstelling van de voedingsoplossing werd eens per twee weken (macro-elementen) of eens per vier weken (micro-elementen) bepaald. De EC werd op rond de 1,8 mS cm<sup>-1</sup> gehouden door tijdens het bijvullen de verhouding tussen regenwater en 100 x geconcentreerde voedingsoplossing uit de A- en B-bak te variëren. De pH werd tussen 5,0 en 6,3 gehouden door regelmatige toevoeging van extra Amnitra (NH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub>). Per tank van 1 m<sup>3</sup> werd steeds een hoeveelheid van 0,25 - 0,5 mol toegevoegd zodra de pH boven de 6,0 was gestegen. Hierdoor daalde de pH

geleidelijk tot 5,0 - 5,5 waarna weer een langzame stijging volgde. Het tijdsverloop tussen twee toevoegingen van Amnitra bedroeg (afhankelijk van de grootte en de activiteit van het gewas) twee tot zeven dagen. Bij de eerste drie experimenten werd steeds vooraf de voedingsoplossing ververst; later werd steeds doorgeteeld op de gebruikte oplossing.

Al snel bleken aanpassingen aan het oorspronkelijke voedingsrecept noodzakelijk te zijn: de elementen Fe en B bleken te accumuleren in het teeltsysteem, terwijl Mn uitputte. In de tweede helft van 1991 is daarom het recept aangepast (zie tabel 1). Vanaf zomer 1992 is ook de samenstelling van de macro-elementen gewijzigd, omdat  $\text{NO}_3^-$  en  $\text{K}^+$  bleken uit te putten, terwijl  $\text{Ca}^{2+}$  en  $\text{SO}_4^{2-}$  langzaam opliepen. Ook was de pH sterk geneigd te stijgen, wat verholpen werd met extra  $\text{NH}_4^+$  (zie tabel 1).

## 2.6. Proeven

De eerste teelt waarover hier wordt gerapporteerd is uitgevoerd vanaf week 41 in 1990; de laatste werd geplant in week 19 van 1993. Over de teelt die aan deze serie proeven voorafging is gerapporteerd door Baas et al. (1990, 1991).

## 2.7. Plantverband

(I)	(II)	(III)
x x x x x x x x x	x x x x x x x	x x x x x
x x x x x x x x x	x x x x x x x	x x x x x x x
x x x x x x x x x	x x x x x x x x x	x x x x x
Alle mazen vol (64/m <sup>2</sup> )	9-7-6 (52/m <sup>2</sup> of 49/m <sup>2</sup> exclusief de randrijen)	Dambord (39/m <sup>2</sup> of 32/m <sup>2</sup> exclusief de randrijen)

Bij deze proeven zijn drie verschillende plantverbanden toegepast, waardoor plantdichtheden ontstonden die ook in de praktijk gangbaar zijn:

- 's zomers werden alle mazen volgeplant (I); in een teelt (geplant week 31 van 1992) waren bij de eind oogst geen veldjes meer over waarvan het originele plantverband nog intact was. In dit geval is het werkelijke plantverband berekend (61 in plaats van 64 planten per m<sup>2</sup>).
- in het voor- en najaar werd volgens 9-7-6 verband geplant, waarbij een dubbele randrij werd volgezet, terwijl in het midden van het bed in twee van elke drie mazen een plant stond (II);
- in de winter werd een 'dambordstelsel' aangehouden, waarbij een enkele randrij werd volgeplant, terwijl midden op de bedden in de helft van de mazen een plant

stond (III). Een uitzondering vormt de dambordplanting in week 41 van 1991, waarbij een dubbele randrij werd volgeplant.

## **2.8. Oogst**

Op de dag voordat het gewas geschikt was om te veilen werden per bed zes of acht planten geoogst voor waarnemingen. In een aantal gevallen zijn grotere aantallen planten geoogst. Hierbij werden planten uit de randrij en de drie koprijen steeds als aparte categorieën gezien; tenzij anders vermeld hebben alle gegevens betrekking op planten uit de middelste zeven rijen van een bed, en wel volgens loting gekozen uit een veldje, waarvan de originele plantdichtheid nog intact was (veldjes waaruit al een tussenooft was genomen telden niet meer mee). Van alle geoogste planten werd direct het versgewicht bepaald, waarbij alle delen boven het plantdeksel werden meegewogen.

## **2.9. Uitval**

Achtergebleven of op andere wijze afwijkende planten werden gedurende de teelt niet verwijderd, maar bleven staan tot de eindooft. Wanneer door loting een dergelijke plant voor de oogst werd aangewezen, werd deze precies zo behandeld als de overige planten. Pas bij de bewerking van de gegevens werd onderscheid gemaakt: alle planten die meer wogen dan 50% van het gemiddelde takgewicht in de betreffende behandeling, werden in de berekeningen meegenomen als normale planten. Alles wat minder dan 50% woog werd als uitval beschouwd, en verder niet bij de berekening van het gemiddeld takgewicht en de variatiecoëfficiënt gebruikt.

## **2.10. Berekening produktiviteit**

In dit rapport wordt de produktie van het landelijk referentieras 'Improved Reagan' beschreven, zoals gemeten op de standaard-uitvoering van het substraatloze eb/vloedsysteem. Aanvankelijk betekende dit eens per uur 5 minuten vloed (dus 24 irrigaties per etmaal). Na week 40 (1991) werd de frequentie door de computer gestuurd, en werd een maximale wachttijd van 60 minuten en een maximaal verdampingspercentage van 100% de standaard (zie bijlage 1). Verder werden deze gegevens vergeleken met de produktie van hetzelfde ras op kleikorrelbedden met eb/vloed.

Bij de berekening is uitgegaan van het gemiddeld takgewicht midden in de bedden, waarbij takken uit de kop- en randrijen buiten beschouwing werden gelaten. Dit

gewicht, vermenigvuldigd met de plantdichtheid midden in de bedden (dus ook exclusief de dichtgeplante randrijen), gedeeld door de teeltduur (in weken) en verminderd met het uitvalpercentage, leverde een waarde op voor de gemiddelde produktie in gram tak(vers)gewicht per netto m<sup>2</sup> teeltoppervlakte per week. Deze waarde kan dus verschillen van andere in omloop zijnde produktiecijfers, zoals de produktie per (bruto) meter of m<sup>2</sup> bed, waarbij de paden zijn meegerekend, en waarbij al of niet wordt rekening gehouden met de breedte van de bedden, en waarbij doorgaans de (zwaardere) takken in de randrijen worden meegewogen.

### 3. RESULTATEN

Tabel 2: Takgewicht van 'Impr. Reagan' bij teelt op het substraatloze eb/vloedsysteem (hele tak vanaf het plantdeksel) met de spreiding (coëfficiënt van variatie, CV in %), de teeltduur in dagen en de werkelijke plantdichtheid in de middelste rijen van de geoogste veldjes, exclusief de kop- en randrijen (aantal planten per netto m<sup>2</sup>). Hieruit werd de gemiddelde produktie (g per netto m<sup>2</sup> per week) berekend. Als uitval (%) zijn gerekend alle takken die minder dan 50% van het gemiddelde wogen; deze takken zijn als 0 gram meegerekend bij het bepalen van de produktie. In de rechter kolom staat weergegeven hoeveel % de takken uit de randrijen zwaarder waren dan het gemiddeld takgewicht in de 7 binnenste rijen (g.g. = geen gegevens).

Jaar	Oogst- week	Takge- wicht (g)	CV (%)	Uitval (%)	Teelt- duur (d)	Plant- dicht- heid (pl/m <sup>2</sup> )	Produktie (g/m <sup>2</sup> per week)	Extra gewicht in rand- rijen (%)
1991	4	42	13	0	106	45	126,8	23
	17	70	19	0	77	57	364,7	g.g.
	31	98	27	2,5	70	57	545,6	g.g.
1992	3	50	21	0	107	37	119,8	g.g.
	15	60	22	1	80	64	330,9	g.g.
	27	85	14	0	69	64	549,7	76
	41	65	16	0,69	68	61	409,2	43
1993	7	63	11	0	120	32	116,8	23
	18	78	8	0	67	49	399,4	40
	32	80	22	0,93	69	64	516,4	52

#### 3.1. Takgewichten

In tabel 2 staan de resultaten weergegeven van de tien teeltproeven die zijn uitgevoerd op het substraatloze eb/vloedsysteem. In dit rapport worden uitsluitend resultaten van de standaardbehandeling besproken (1 x per uur 5 min vloed, later met een lichtverhoging; zie bijlage 2). Deze behandeling leverde meestal het beste resultaat op, of verschilde althans in geen geval betrouwbaar van de beste behandeling. Voor resultaten van andere behandelingen, inclusief het gebruik van assimilatiebelichting, wordt verwezen naar volgende rapporten in deze serie.

Over het algemeen bleek het uitvalpercentage vrij laag te liggen, waarbij een

tendens opvalt dat uitval alleen bij teelten in het lichtrijke zomerseizoen voorkwam. In deze periode werden alle mazen volgeplant; de belangrijkste reden van uitval leek dan ook verdringing te zijn. Planten, die tijdens de beworteling of in de eerste weken na het uitplanten een achterstand oplopen, hebben in een volgeplant bed na het ontstaan van een gesloten bladerdek relatief weinig kans om nog voldoende licht op te vangen om te voorkomen dat hun concurrentiepositie verder verslechtert.

De weergegeven variatiecoëfficiënt is een maat voor de uniformiteit van het gewas exclusief de kop- en randrijen. Met name in het lichtrijke seizoen werden de takken in de randrijen minstens 50% zwaarder. In het donkere seizoen waren de verschillen kleiner, waarschijnlijk doordat de verschillen in lichtbeschikbaarheid tussen de randrijen en plaatsen midden in het bed minder groot zijn in het meer open plantverband dat in de winter werd aangehouden. Dat de hoeveelheid extra gewicht in de randrij samenhangt met de plantdichtheid en niet direct met het seizoen wordt bevestigd door gegevens in tabel 3. Zowel in een winterteelt als in de daarop volgende voorjaarsteelt bleek bij lage plantdichtheden weinig gewichtsverschil te bestaan tussen randtakken en de rest van het bed, terwijl bij hogere plantdichtheid de randrijen relatief zwaar werden. Er werden geen aanwijzingen gevonden voor een verband tussen dit verschijnsel en het wel of niet toepassen van assimilatiebelichting.

Hierbij moet worden bedacht dat in de gebruikte uitvoering van het systeem de paden veel breder waren dan in de praktijk (40 cm bij acht bedden van 1,15 m in een kas van 12,80 m). In een praktijksituatie zijn de paden aanzienlijk smaller, waardoor verwacht kan worden dat dit effect minder sterk zal optreden. Bij een planting van 64 takken/m<sup>2</sup> bleken ook binnen in de bedden (dus exclusief de randrijen) nog gewichtsverschillen te bestaan, waarbij met name de takken in rij 2 en 8, dus direct achter de randrijen, relatief zwaar waren. Bij de oogst in week 32 (1993) werden de volgende afwijkingen van het gemiddeld takgewicht gevonden (elk percentage staat voor twaalf takken):

Planrij (mazen van noord naar zuid):	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Afwijking van gemiddeld takgewicht (%):	+36	+4	-17	-18	-15	-17	-14	+11	+41

Opvallend is dat tussen planten in de mazen 3 t/m 7 weinig gewichtsverschil bestond. In een praktijksituatie zal een wat uniformer resultaat te verwachten zijn, omdat in bedden van twaalf mazen breed die in de praktijk standaard zijn, meer middenrijen aanwezig zijn. In een volledig dichtgeplant bed ontvingen de takken in de mazen 2 en 8 waarschijnlijk nog wat licht uit de paden, gezien hun wat hogere gewicht. Bij een

meer open planting was dit effect te verwaarlozen: in een winterteelt, geoogst in week 4 (1991), bij een plantdichtheid van 45 takken per m<sup>2</sup> werden deze verschillen niet gevonden. Hier kwam de verhouding tussen het gewicht van 24 takken geoogst uit het midden (mazen 4, 5 en 6) en 24 uit rijen dicht bij de rand (mazen 2, 3, 7 en 8) uit op 1,001 dat wil zeggen geen gewichtsverschil per plantrij binnen de bedden.

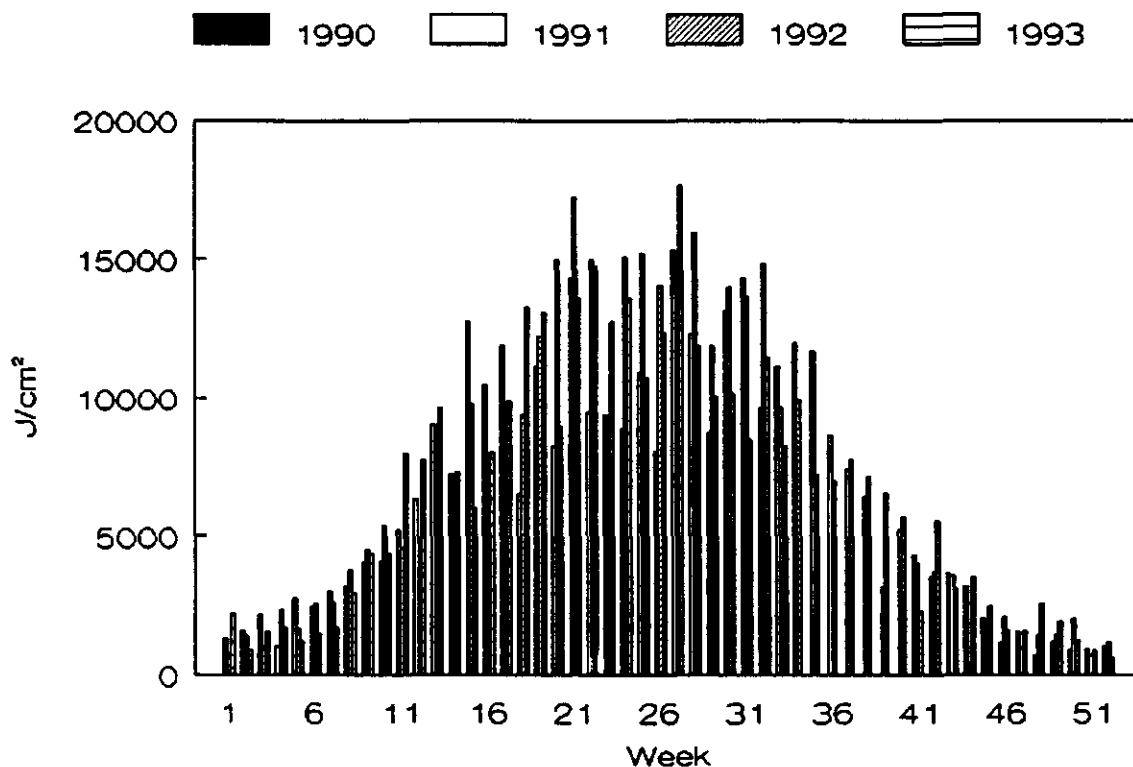
Tabel 3: Effecten van plantdichtheid op het percentage extra gewicht van takken geoogst uit de randrijen (mazen 1 en 9) ten opzichte van takken uit het midden van de bedden (mazen 2 t/m 8). Elk percentage is gebaseerd op twaalf planten uit het midden en twaalf uit de rand. De gegevens hebben betrekking op twee proeven waarvan de eerste is geplant in week 43 en 44 van 1992, de andere in week 9 van 1993. In deze proeven werd boven de helft van de bedden assimilatiebelichting toegepast.

Plantweek	Plantdichtheid (pl/m <sup>2</sup> )	Extra gewicht in de randrijen (%)	
		Zonder SON-T	Met SON-T
43 - 44 (1992)	16	25	26
	32	23	18
	49	45	68
	64	67	88
9 (1993)	16	6	19
	32	22	22
	49	40	30
	64	81	52

### 3.2. Seizoenseffecten

In tabel 2 is een duidelijk seizoenseffect zichtbaar: de produktie van teelten geoogst in januari en februari lag aanzienlijk lager dan in de rest van het jaar, terwijl bij gewassen geoogst rond de langste dag de hoogste produktie werd gevonden. Deze resultaten zullen in principe niet veel van de praktijksituatie verschillen. De lagere produktie in de winter is een samenspel van drie factoren: lagere plantdichtheid, langere teeltduur en lagere takgewichten. Gewoonlijk heeft de teler een zekere vrijheid in het kiezen van de plantdichtheid, terwijl met de start van de korte dag-behandeling de duur van de teelt bepaald wordt. Hoewel door deze keuzes aanzienlijke verschillen in takgewicht kunnen ontstaan, ondervindt de produktie per m<sup>2</sup> per week relatief weinig invloed (V.d. Hoeven et al., 1975; Weigl en Van de Wiel 1989). De invloed van het seizoen op het niveau van de produktie wordt algemeen

toegeschreven aan de lichtbeschikbaarheid als belangrijkste groeibeperkende factor. Figuur 3 geeft een samenvatting van de stralingsgegevens, gemeten bij het PBN gedurende de periode waarin de hier gerapporteerde teeltproeven hebben plaatsgevonden.



Figuur 3: Globale stralingssom in  $J/cm^2$  per week, gemeten bij het PBN in de periode vanaf week 41 (1990) tot week 33 (1993).

### 3.3. Productie op kleikorrelbedden met eb/vloed

Het substraatloze eb/vloedsysteem is in twee teeltproeven vergeleken met een eb/vloedsysteem zonder deksels, waarbij de bedden gevuld waren met een 5 cm dikke laag kleikorrels. Uit tabel 4 blijkt dat dit systeem in productie niet onderdeed voor het substraatloze systeem; uit een variantie-analyse bleek dat de gemeten takgewichten niet statistisch betrouwbaar verschilden. In oriënterende proeven is voorafgaand aan deze teelten al ervaring opgedaan met de teelt van chrysant op kleikorrelbedden, namelijk tijdens drie teelten in de randbedden aan de oostkant van de kas. Hieruit was gebleken dat zowel het ingraven van stek beworteld op jute plugjes in de korrels, als het plaatsen van stek op perspotjes bovenop de korrels tot goede resultaten leidde. Verder bleken de planten vrij gemakkelijk oogstbaar te zijn, terwijl bij het optrekken maar weinig korrels in de wortelpruik bleef hangen. De wortels bleken er bij de oogst opvallend gaaf en gezond uit te zien. Ook bleken de



kleikorrelbedden een goed zelfreinigend vermogen te bezitten, de noodzaak tot schoonmaken na de oogst beperkte zich tot het verwijderen van gevallen blad. Van wortelresten bleek een maand na de oogst niets meer terug te vinden te zijn. Er zijn geen aanwijzingen gevonden dat de wortelontwikkeling van het daaropvolgende gewas te lijden heeft gehad van de aanwezigheid van dit afbraakproces. Hoewel in dit project weinig gedaan is om het kleikorrelstelsel teeltkundig te optimaliseren, verliepen de teelten steeds vrijwel probleemloos.

Tabel 4: Vergelijking tussen het substraatloze eb/vloedsysteem en kleikorrels met eb/vloed. Gegevens over takgewichten (gram versgewicht met daarbij vermeld de coëfficiënt van variatie (CV)) zijn afkomstig van twee proeven, beide uitgevoerd in 1993. In de eerste proef (van week 9 t/m week 18), met als proeffactoren plantdichtheid en het al of niet toepassen van assimilatiebelichting, is elk gemiddelde berekend op basis van 12 takken. In de tweede proef (van week 22 t/m week 32), met als proeffactor o.a. verschillende concentraties (EC's) van de voedingsoplossing, is elk gemiddelde berekend op basis van 108 takken. In geen van beide proeven verschilden de takgewichten in het kleikorrelstelsel statistisch betrouwbaar van die in het substraatloze teeltsysteem.

Oogst- week	Plant- dicht- heid	Systeem	Takgewicht ± CV	Uitval	Takgewicht ± CV	Uitval
			Zonder SON-T		Met SON-T	
18	32	Substraatloos	97 ± 20	0	105 ± 14	0
	32	Kleikorrels	96 ± 17	0	111 ± 20	0
	49	Substraatloos	78 ± 8	0	87 ± 16	0
	49	Kleikorrels	80 ± 13	0	80 ± 14	0
			EC 1,0		EC 1,9	
32	64	Substraatloos	74 ± 22	1,9	80 ± 22	0,9
	64	Kleikorrels	81 ± 23	1,9	78 ± 23	3,7

Het belangrijkste punt dat voor verbetering vatbaar zou zijn, was het uitdrogen van sommige perspotjes in de eerste week na het planten, met name bij warm en droog weer in de zomer. Wanneer een potje ondanks regelmatig broezen eenmaal begon te krimpen bleek het steeds moeilijker water op te nemen, waardoor het betreffende plantje sterk in groei achterbleef. Dit proces leidde uiteindelijk meestal tot uitval zodra het gewas een gesloten bladerdek had gevormd, waarschijnlijk omdat de ondermaatse planten te weinig licht konden onderscheppen en daardoor verdrongen

werden door de planten er omheen. Het hogere uitvalpercentage in de tweede proef in tabel 4 kan waarschijnlijk hierdoor worden verklaard.

### 3.4. Produktiemodel

Het is niet eenvoudig op basis van de gemeten produktie in tien teeltproeven uitspraken te doen over de vraag, of er inderdaad sprake is van een produktieverhoging ten opzichte van teelt in de grond. Het accent bij deze proeven lag ook op optimalisatie en niet op systeemvergelijking. Verder wordt het produktiepotentieel in sterke mate bepaald door de eigenschappen van de kas. Met name als bij de teelt op eb/vloed produktiebepurende factoren in het wortelmilieu inderdaad een minder grote rol spelen dan bij grondteelt, mag worden verwacht dat het belang van bovengrondse factoren (licht, CO<sub>2</sub>, temperatuur, RV) zal toenemen. Voor de proeven met het eb/vloedsysteem was in Aalsmeer een kas van 300 m<sup>2</sup> beschikbaar. In een aantal opzichten weken de omstandigheden in deze kas met zekerheid af van die op een produktiebedrijf:

- kleine kas (aanvankelijk met een stechdoppel dek); altijd donkerder dan een grote kas
- smalle bedden, brede paden
- plantdichtheid 12,5 x 12,5 (maximaal 64 per m<sup>2</sup>); gangbaar is momenteel 12,5 x 11,5
- De afwezigheid van grondverdamping veroorzaakte een bijzonder droog klimaat; in verband hiermee is halverwege het project begonnen met beregenen tijdens de startfase.
- Er werd steeds maar een enkele teelt tegelijk uitgevoerd; bij meerdere plantingen per afdeling, zoals in de praktijk gebruikelijk is, zal het kasklimaat veel constanter zijn.

Omdat de produktiegegevens van de teelt op eb/vloed niet direct met een teelt in de grond vergeleken kunnen worden (welk type grond? welk type kas?) is de vraag welke cijfers als referentie gebruikt kunnen worden. Als het meest bruikbaar kan worden beschouwd de geschatte produktie van een modern praktijkbedrijf, zoals jaarlijks gepubliceerd in KWIN. Dit getal is ook door Ruijs et al. (1990) als referentie gebruikt. Dit betekent dat op grond van de hier gerapporteerde proeven niet meer dan een (zo nauwkeurig mogelijke) schatting van het produktiepotentieel bij teelt op eb/vloed kan worden gegeven. Meer zekerheid kan alleen worden verkregen op basis van produktiegegevens uit meer grootschalige proeven, uitgevoerd op meerdere bedrijven en over een periode van meerdere jaren (dit geldt overigens voor alle teeltproeven).

Ondanks deze beperkingen is het natuurlijk wel de moeite waard om te komen tot een schatting van de jaarproductie op basis van de gegevens in tabel 2. In bijlage 2 wordt gedetailleerd ingegaan op de procedure voor het ontwikkelen van een produktiemodel. Het blijkt dat een model op basis van de stralingsom over de acht weken voorafgaand aan de oogst 95% van de verschillen in productie kan verklaren.

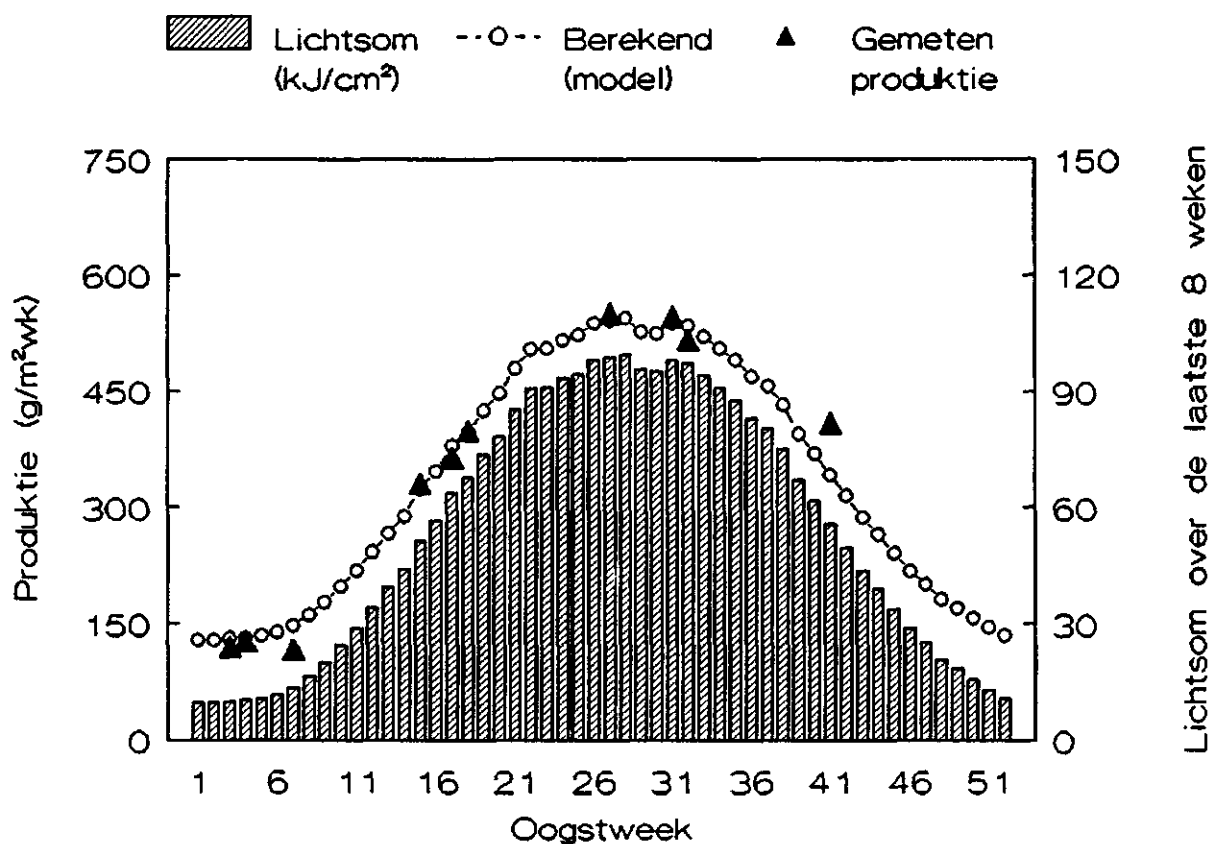
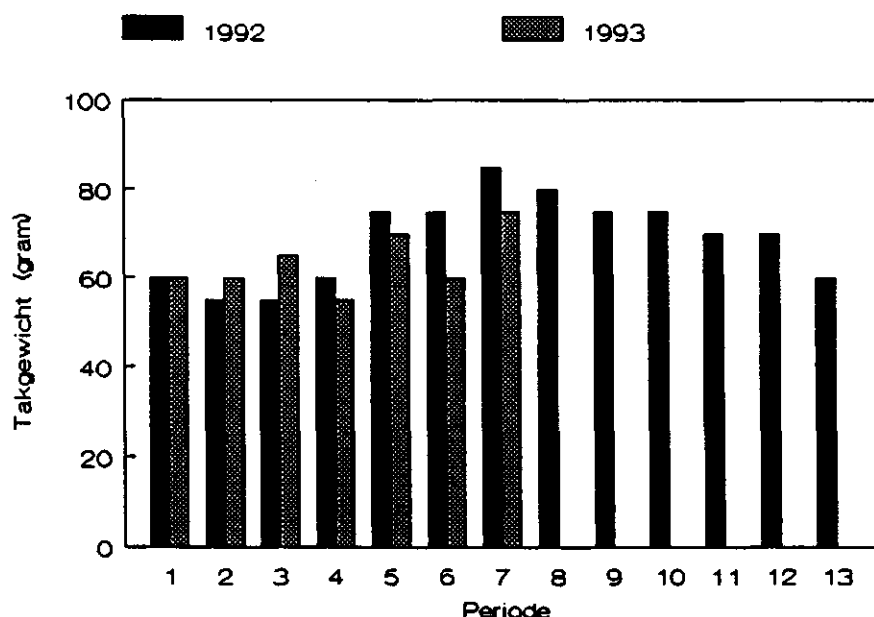


Fig. 4: Samengestelde grafiek met de stralingssom over de laatste acht weken voorafgaand aan de oogst ( $\text{kJ}/\text{cm}^2$ ; op basis van meetwaarden over 1990-1993), de op grond hiervan door het model berekende productie (gram per  $\text{m}^2$  per week) en de gemeten productie (gegevens uit tabel 2).

In figuur 4 staat per oogstweek de lichtsom over de laatste acht weken weergegeven, gebaseerd op gemiddelden van stralingsgegevens over de periode van week 41 (1990) tot week 32 (1993). Ter vergelijking zijn op de andere verticale as de berekende (tabel 5) en de werkelijk gemeten (tabel 2) productiecijfers in dezelfde grafiek uitgezet. Zoals op grond van de conclusies in bijlage 2 was te verwachten, volgt in de grafiek de waargenomen productie netjes de lichtkromme.

### 3.5. Produktieplanning op basis van produktiemodel en veilinggegevens

Met behulp van de door het model berekende produktie per oogstweek kan een teeltplan worden opgesteld, op basis waarvan de jaarproduktie kan worden berekend. In de chrysantenteelt kan het takgewicht worden beïnvloed door de plantdichtheid en de keuze van het begin van de bloei-inductie. Dit betekent dat het teeltplan invloed zal hebben op het resultaat. Om te komen tot een teeltplan, op basis waarvan een schatting van de jaarproduktie kan worden afgeleid, is uitgegaan van het takgewicht waarvoor in de betreffende veilingperiode voor het ras 'Impr. Reagan' bij de VBA de middenprijs werd betaald (figuur 5). Dit wil overigens niet zeggen dat dit teeltplan optimaal is, in teeltkundige zin (afweging tussen aantal takken, takgewicht en teeltduur) of in bedrijfseconomisch opzicht (bijvoorbeeld de relatie kwaliteit - prijs en relatie kwantiteit - arbeid). Op basis van de berekende produktie per oogstweek (uitgedrukt in gram takgewicht per netto m<sup>2</sup> bed (midden) per week) kan dan worden afgeleid welke plantdichtheid en welke teeltduur nodig zijn om in die week op of net boven het streef-takgewicht uit te komen. De uitkomsten van deze afweging staan per oogstweek weergegeven in tabel 5.



Figuur 5: Takgewicht van chrysant cv. 'Impr. Reagan' waarvoor op de veiling (VBA) de middenprijs werd betaald, in relatie tot de veilingperiode (een periode duurt vier weken).

Uiteraard geldt bij het bepalen van teeltduur en plantdichtheid de beperking dat niet te ver mag worden afgeweken van de werkelijke plantdichtheid en teeltduur zoals in de proeven in tabel 2 zijn aangehouden, omdat niet zeker is of het model dan nog

opgaat. Er blijkt een positief verband te bestaan tussen de produktie en de plantdichtheid (Janick and Durkin, 1986; Van der Hoeven et al., 1975) waarschijnlijk als gevolg van een betere lichtinvang (Leaf Area index) bij hoge plantdichtheid.

Het model is gebaseerd op takgewichten in het midden van de bedden. Bij het planten wordt er in de praktijk echter rekening mee gehouden dat in de rij (of de eerste twee rijen) langs de paden wat meer licht beschikbaar is (met name voor de onderste bladeren) en in deze rijen wordt dan ook een dichter plantverband aangehouden. Het werkelijk aantal te oogsten takken per netto m<sup>2</sup> bed is dus hoger dan de plantdichtheid in het midden van de bedden die in tabel 2 is gebruikt. Voor een schatting van de jaarproduktie op basis van takgewicht, teeltduur en aantal planten per m<sup>2</sup> zal dus moeten worden uitgegaan van de plantdichtheid inclusief de randrijen. In dat geval hoeft alleen nog de ruimtebenutting (teeltoppervlakte per kasoppervlakte) als omrekeningsfactor gebruikt te worden.

Een laatste aspect dat in dit verband nog toelichting nodig heeft is de in de praktijk gangbare gewoonte om bij de oogst de (zwaardere) randtakken zo te verdelen dat er in elke bos minstens één zal zitten. In het zomerseizoen worden bij hoge plantdichtheid relatief veel middentakken geoogst, maar zijn de randtakken extra zwaar; in het winterseizoen zijn de gewichtsverschillen kleiner, maar zijn er naar verhouding meer randtakken. Bij benadering kan worden gesteld dat de bossen hierdoor het hele jaar door ongeveer 10% zwaarder worden (zie tabel 3). Aan de andere kant worden bij het bossen de onderste eindjes van de takken afgeknipt, waardoor naar schatting weer 10% gewicht verloren gaat. Hier wordt aangenomen dat de effecten van zwaardere randtakken en eindjes inkorten elkaar opheffen, zodat in de modelberekening zonder verdere omrekening het gewicht van de takken uit het midden van de bedden kan worden gebruikt.

Tabel 5: Voorspelde produktie ( $\text{g/m}^2$  per week), berekend per oogstweek op basis van de lichtsom over de laatste acht weken van de betreffende teelt. Uit de veilinggegevens in figuur 5 is voor elke teelt aan de hand van de voorspelde produktie een geschikte teeltduur en plantdichtheid bepaald.

Week	Lichtsom ( $\text{kJ/cm}^2$ )	Productie ( $\text{g/m}^2$ per week)	Takgewicht (g)	Teeltduur(d)	Plantdichtheid ( $\text{pl/m}^2$ )	
					Midden + rand	Alleen midden
1	9,64	129	61	105	39	32
2	9,59	129	61	105	39	32
3	9,87	131	61	105	39	32
4	10,28	132	62	105	39	32
5	10,76	135	63	105	39	32
6	11,62	139	62	100	39	32
7	13,64	148	66	100	39	32
8	16,63	162	63	100	43	37
9	20,12	178	62	100	46	41
10	24,43	198	62	100	50	46
11	28,94	219	61	95	52	49
12	34,17	243	60	95	57	55
13	39,36	267	66	95	57	55
14	44,02	288	68	90	57	55
15	51,38	323	65	90	64	64
16	56,60	347	70	90	64	64
17	63,79	380	76	90	64	64
18	67,64	398	75	85	64	64
19	73,56	425	76	80	64	64
20	78,35	447	75	75	64	64
21	85,28	479	75	70	64	64
22	90,60	504	79	70	64	64
23	90,83	505	79	70	64	64
24	93,26	516	81	70	64	64
25	94,43	522	82	70	64	64
26	98,03	538	83	69	64	64
27	98,69	541	83	69	64	64
28	99,30	544	84	69	64	64
29	95,45	526	81	69	64	64
30	94,96	524	81	69	64	64
31	97,66	537	83	69	64	64
32	97,01	534	82	69	64	64
33	94,03	520	81	70	64	64
34	90,89	505	79	70	64	64
35	87,64	490	77	70	64	64
36	83,03	469	78	75	64	64
37	80,37	457	76	75	64	64
38	75,05	432	72	75	64	64
39	67,05	395	71	80	64	64
40	61,59	370	70	85	64	64
41	55,59	342	69	90	64	64
42	49,72	315	74	90	57	55
43	43,69	287	67	90	57	55
44	39,11	266	74	95	52	49
45	33,66	241	70	100	52	49
46	28,81	218	68	100	50	46
47	25,01	201	63	100	50	46
48	20,78	181	63	100	46	41
49	18,43	170	62	105	46	41
50	15,56	157	61	100	43	37
51	12,94	145	65	100	39	32
52	10,80	135	60	100	39	32

Tabel 6: De resultaten van berekeningen door het simulatiemodel van de gemiddelde jaarproductie over 50 opeenvolgende teeltronden, waarbij wordt uitgegaan van een ruimtebenutting van 85% en het aantal dagen nodig voor een teeltwisseling 1, 3, 5 of 7 dagen wordt gesteld.

Aantal dagen nodig voor teeltwisseling	Bedrijfstijd nodig voor 50 teelten (d)	Totaal aantal takken geteeld in 50 ronden	Gemiddeld aantal teelten per jaar	Gemiddeld aantal takken per jaar
1	4257	2821	4,3	206
3	4370	2833	4,2	201
5	4515	2835	4,0	195
7	4608	2876	4,0	194

### 3.6. Berekening van de jaarproductie met behulp van een simulatieprogramma

Uit de gegevens in tabel 5 kan een schatting van de jaarproductie worden afgeleid. Daarbij moet rekening worden gehouden met de duur van de teeltwisselingen en het feit dat door verschillen in teeltduur de kans om in een bepaalde week te oogsten door het jaar heen fluctueert. Dit wordt met name veroorzaakt door de relatief lange duur van de weinig productieve winterteelten. Hierdoor komt het kolomtotaal in tabel 5 van de geoogste takken gedeeld door het kolomtotaal van de teeltduur lager uit dan de gemiddelde jaarproductie op grond van opeenvolgende teeltronden.

In plaats van een theoretische afleiding van een correctiefactor om dit effect te compenseren is gekozen voor een meer empirische benadering: Tabel 5 kan worden opgevat als een modelbedrijf. Door middel van een eenvoudig computerprogramma kan op dit bedrijf een productieproces met opeenvolgende teeltronden en teeltwisselingen worden gesimuleerd (Het programma, dat geschreven is om binnen Lotus 1-2-3 (versie 2, Engels) te werken, is op aanvraag beschikbaar. Een beschrijving wordt gegeven in bijlage 3). Uit de resultaten van deze simulatie (tabel 6) blijkt dat het model ten opzichte van het gemiddelde resultaat bij teelt in de grond, bij een ruimtebenutting van 85%, een jaarproductie van 194 - 206 takken voorspelt, afhankelijk van de snelheid van teeltwisseling (1 - 7 dagen). Een teeltwisseling van één dag is weliswaar extreem kort, maar toch in principe technisch mogelijk.

## 4. DISCUSSIE

### 4.1. Teelt op waterige systemen

Sinds 1990 wordt er bij het PBN in Aalsmeer gewerkt aan het optimaliseren van gesloten teeltsystemen voor chrysant op basis van eb/vloed-fertigatie. Uit de potplantenteelt was al bekend dat het eb/vloedsysteem in technisch opzicht bijzonder betrouwbaar is omdat het watergeven op een simpel principe berust. Het was al gebleken dat zonder moeite een homogene waterverdeling gerealiseerd kon worden, waarbij het systeem nagenoeg onderhoudsvrij is. Vergeleken met andere watergeefsystemen gebaseerd op capillairen, druppelaars of sproeiers levert dit naast arbeidsbesparing waarschijnlijk ook een homogener gewas op en worden stress-situaties vermeden. In een simulatiestudie stelden Ruijs et al. (1990) dat hierdoor zonder verlies aan kwaliteit een hogere plantdichtheid kan worden aangehouden (5% winst). Van een mogelijke teeltversnelling werd 6% voordeel verwacht. Op bedrijfskundig gebied heeft een homogeen gewas het voordeel dat het 'voor de voet op' geoogst kan worden (3% verbetering; Ruijs et al. 1990).

Met de teelt 'op water' is tot nu toe de meeste ervaring opgedaan met het NFT-systeem (voedingsfilm); met name in Engeland worden al geruime tijd op commerciële schaal glasgroenten op NFT geproduceerd. Over het algemeen wordt melding gemaakt van produktieverhoging en kwaliteitsverbetering ten opzichte van teelt in de grond. De voordelen van NFT zijn vooral toegeschreven aan de grote overmaat aan voedingsoplossing die langs de wortels stroomt (Graves, 1983). Hierdoor ontstaat een grote beheersbaarheid van de produktiefactoren in het wortelmilieu. Door een goed evenwicht tussen de voedingsoplossing in het micro-milieu direct rond de wortels en de recirculerende voedingsoplossing is relevante informatie omtrent waterverbruik, EC, pH en samenstelling van de voedingsoplossing direct beschikbaar voor de teler. Dit vergroot de mogelijkheden om tijdig de juiste teeltmaatregelen te treffen, waardoor de kans op het optreden van ongunstige condities vermindert. Dit evenwicht vergroot ook de mogelijkheden voor het gewas om selectief voedingsionen op te nemen, waardoor de tolerantiegrenzen voor de samenstelling van de voedingsoplossing relatief breed worden. Tevens wordt de minerale voeding onafhankelijk van de wateropname, waardoor ook 's nachts (bij minimale transpiratie) gemakkelijker voeding kan worden opgenomen.

Verder te noemen voordelen van substraatloze systemen in het algemeen zijn dat (zeker in vergelijking met bijvoorbeeld steenwol) minder substraatafval ontstaat, en dat het stomen in principe goedkoper en efficiënter kan gebeuren dan bij substraatbedden of kasgrond vanwege de geringe warmtecapaciteit van het systeem en



de effectieve afvoer van het condensatiewater.

In de jaren rond 1980 is in Nederland ervaring opgedaan met de teelt van chrysant op NFT (o.a. van Os, 1980, van Weel, 1982). Hoewel de teeltresultaten van deze en volgende proeven soms zeer goed waren, is deze manier van telen tot nu toe niet van de grond gekomen. Als reden wordt aangegeven dat de systemen vaak toch te duur of te arbeidsintensief waren, ook wordt echter melding gemaakt van hardnekkige problemen met wortelafsterving door *Pythium*-aantasting (van der Hoeven, 1988). Voor zover er verband bestaat tussen het optreden van *Pythium* (zwakteparasiet) en een slechte conditie van de plant, wijst dit erop dat een betere beheersbaarheid van de omstandigheden in het wortelmilieu niet automatisch leidt tot een beter teeltresultaat. Voorwaarden voor succes zijn enerzijds het technisch werkelijk realiseren van een goede beheersing van de condities rond de wortels, anderzijds voldoende teeltkundige kennis van de behoeften van het gewas.

In principe zijn de argumenten ten gunste van waterige teeltsystemen waarschijnlijk ook geldig voor de teelt op eb/vloed, die eveneens is gebaseerd op een hoge mate van doorspoeling in het wortelmilieu. Het eb/vloedsysteem zou teeltkundig zelfs voordelen kunnen bieden ten opzichte van NFT omdat de kans op het optreden van zuurstoftekort bij de wortels kleiner is (door het droogvallen van de wortels tussen twee irrigaties is direct contact met zuurstof uit de lucht mogelijk, tijdens irrigaties stroomt zuurstofrijk water langs de wortels en is door verversing de kans op locale uitputting van zuurstof klein), en er ook minder problemen te verwachten zijn met door het gewas veroorzaakte verschillen van samenstelling of pH van de voedingsoplossing tussen het begin en het einde van de goot. Voor de eventuele introductie van teeltsystemen los van de ondergrond in de praktijk heeft een eenvoudig en gestandaardiseerd systeem als eb/vloed nog een belangrijk voordeel. De teeltkundige eigenschappen van substraatloze systemen zijn namelijk constant, dus onafhankelijk van bodemeigenschappen, substraattype of gebruiksduur van het substraat. Dit zal ongetwijfeld de begeleiding van de telers aanzienlijk vergemakkelijken.

Voor de toekomst is tevens van belang dat bij een eb/vloedsysteem geen vaste verbindingen in het watergeefstelsel nodig zijn, waardoor het systeem zich goed leent voor toepassing op transporttabletten. Hoewel voor chrysant investeringen in de teelt op transporttabletten onder de huidige omstandigheden economisch niet verantwoord zijn (Ruijs et al. 1990), zou door het toenemende arbeidsprobleem en de concurrentie uit landen met lagere loonkosten een volledig gemechaniseerde en geautomatiseerde teelt in de toekomst een reële optie kunnen worden.

## 4.2. Teeltkundige ervaringen in Aalsmeer

Bij de teelt van chrysaant op het substraatloze eb/vloedsysteem werd tot nu toe steeds een relatief hoge produktie waargenomen. Verschillende rassen deden het goed op het systeem, inclusief het ras 'Refla' dat bij teelt in de grond vaak problemen geeft met wortelafsterving. Het gewas was over het algemeen vrij uniform, terwijl doorgaans vrijwel geen uitval optrad. Het laatste jaar bleek steeds het volledige gewas 'voor de voet op' oogstbaar te zijn. De houdbaarheid van het ras 'Impr. Reagan' is verscheidene malen vastgesteld op meer dan drie weken na een realistische transportsimulatie. De kwaliteit van het gewas was vergelijkbaar met praktijk of beter, ook naar de mening van bezoekende telers. Wel is bij één oogst gebleken (week 15 1992) dat de stelen erg hol waren geworden. Ook bij andere oogsten kwamen holle stelen voor, zei het in mindere mate. Het is niet duidelijk of de kans op 'holtrekken' van de steel bij de teelt op eb/vloed groter is dan bij teelt in de grond.

De voedingsoplossing bleef na een jaar telen met alleen aanvullen (dus geen verversing) nog zonder meer bruikbaar. Het bleek wel noodzakelijk om uit te gaan van regenwater. De accumulatie van NaCl bleef hierbij beperkt tot 2-3 mol/m<sup>3</sup>. Dat vooral Na<sup>+</sup> niet tot hogere concentraties opliep, is waarschijnlijk te verklaren door het verlies van een deel van de voedingsoplossing tijdens de enigszins provisorische opslag bij teeltwisselingen. Een relatief bescheiden lozingspercentage heeft al een grote beperkende invloed op de Na<sup>+</sup>-accumulatie (Buwalda en Van den Berg - De Vos, 1992).

De vervanging van het 'stechdoppel' kasdek door glas in week 30 (1993) heeft niet tot een spectaculaire opbrengstverbetering geleid, ondanks een duidelijke toename van de lichttransmissie (helaas zijn geen precieze transmissiemetingen verricht onder het kunststof kasdek). Mogelijk is dit te verklaren doordat in het laatste jaar naar een wat hoger takgewicht gestreefd werd. Dit kan leiden tot een afname van de produktiviteit per m<sup>2</sup>, zoals ook is af te leiden uit gegevens van Van der Hoeven et al. (1975). Ook is uit de literatuur bekend dat het te verwachten negatieve effect van een lagere lichttransmissie in een dubbeldeks kas kan worden gecompenseerd door een gunstiger klimaat, met name een hogere RV (Reiersen and Sebesta, 1981; Mortensen, 1986; Gislerød and Nelson, 1989).

Zoals was te verwachten bleek het succes van de teelt op eb/vloed te worden beïnvloed door de kwaliteit van het uitgangsmateriaal. De opkweek van stek op de kleine substraatplugjes vereiste een betere beheersing van de omstandigheden in het wortelmilieu dan nodig is bij gebruik van de conventionele perspotjes. Omdat deze techniek aanvankelijk nog in de kinderschoenen stond, bleek het stek op plugjes vaak relatief licht (klein) te zijn, en liet de uniformiteit te wensen over. In week 39 van

de effectieve afvoer van het condensatiewater.

In de jaren rond 1980 is in Nederland ervaring opgedaan met de teelt van chrysant op NFT (o.a. van Os, 1980, van Weel, 1982). Hoewel de teeltresultaten van deze en volgende proeven soms zeer goed waren, is deze manier van telen tot nu toe niet van de grond gekomen. Als reden wordt aangegeven dat de systemen vaak toch te duur of te arbeidsintensief waren, ook wordt echter melding gemaakt van hardnekkige problemen met wortelafsterving door *Pythium*-aantasting (van der Hoeven, 1988). Voor zover er verband bestaat tussen het optreden van *Pythium* (zwakteparasiet) en een slechte conditie van de plant, wijst dit erop dat een betere beheersbaarheid van de omstandigheden in het wortelmilieu niet automatisch leidt tot een beter teeltresultaat. Voorwaarden voor succes zijn enerzijds het technisch werkelijk realiseren van een goede beheersing van de condities rond de wortels, anderzijds voldoende teeltkundige kennis van de behoeften van het gewas.

In principe zijn de argumenten ten gunste van waterige teeltsystemen waarschijnlijk ook geldig voor de teelt op eb/vloed, die eveneens is gebaseerd op een hoge mate van doorspoeling in het wortelmilieu. Het eb/vloedsysteem zou teeltkundig zelfs voordelen kunnen bieden ten opzichte van NFT omdat de kans op het optreden van zuurstoftekort bij de wortels kleiner is (door het droogvallen van de wortels tussen twee irrigaties is direct contact met zuurstof uit de lucht mogelijk, tijdens irrigaties stroomt zuurstofrijk water langs de wortels en is door verversing de kans op locale uitputting van zuurstof klein), en er ook minder problemen te verwachten zijn met door het gewas veroorzaakte verschillen van samenstelling of pH van de voedingsoplossing tussen het begin en het einde van de goot. Voor de eventuele introductie van teeltsystemen los van de ondergrond in de praktijk heeft een eenvoudig en gestandaardiseerd systeem als eb/vloed nog een belangrijk voordeel. De teeltkundige eigenschappen van substraatloze systemen zijn namelijk constant, dus onafhankelijk van bodemeigenschappen, substraattype of gebruiksduur van het substraat. Dit zal ongetwijfeld de begeleiding van de telers aanzienlijk vergemakkelijken.

Voor de toekomst is tevens van belang dat bij een eb/vloedsysteem geen vaste verbindingen in het watergeefstelsel nodig zijn, waardoor het systeem zich goed leent voor toepassing op transporttabletten. Hoewel voor chrysant investeringen in de teelt op transporttabletten onder de huidige omstandigheden economisch niet verantwoord zijn (Ruijs et al. 1990), zou door het toenemende arbeidsprobleem en de concurrentie uit landen met lagere loonkosten een volledig gemechaniseerde en geautomatiseerde teelt in de toekomst een reële optie kunnen worden.

## 4.2. Teeltkundige ervaringen in Aalsmeer

Bij de teelt van chrysant op het substraatloze eb/vloedsysteem werd tot nu toe steeds een relatief hoge produktie waargenomen. Verschillende rassen deden het goed op het systeem, inclusief het ras 'Refla' dat bij teelt in de grond vaak problemen geeft met wortelafsterving. Het gewas was over het algemeen vrij uniform, terwijl doorgaans vrijwel geen uitval optrad. Het laatste jaar bleek steeds het volledige gewas 'voor de voet op' oogstbaar te zijn. De houdbaarheid van het ras 'Impr. Reagan' is verscheidene malen vastgesteld op meer dan drie weken na een realistische transportsimulatie. De kwaliteit van het gewas was vergelijkbaar met praktijk of beter, ook naar de mening van bezoekende telers. Wel is bij één oogst gebleken (week 15 1992) dat de stelen erg hol waren geworden. Ook bij andere oogsten kwamen holle stelen voor, zei het in mindere mate. Het is niet duidelijk of de kans op 'holtrekken' van de steel bij de teelt op eb/vloed groter is dan bij teelt in de grond.

De voedingsoplossing bleef na een jaar telen met alleen aanvullen (dus geen verversing) nog zonder meer bruikbaar. Het bleek wel noodzakelijk om uit te gaan van regenwater. De accumulatie van NaCl bleef hierbij beperkt tot 2-3 mol/m<sup>3</sup>. Dat vooral Na<sup>+</sup> niet tot hogere concentraties opliep, is waarschijnlijk te verklaren door het verlies van een deel van de voedingsoplossing tijdens de enigszins provisorische opslag bij teeltwisselingen. Een relatief bescheiden lozingspercentage heeft al een grote beperkende invloed op de Na<sup>+</sup>-accumulatie (Buwalda en Van den Berg - De Vos, 1992).

De vervanging van het 'stechdoppel' kasdek door glas in week 30 (1993) heeft niet tot een spectaculaire opbrengstverbetering geleid, ondanks een duidelijke toename van de lichttransmissie (helaas zijn geen precieze transmissiemetingen verricht onder het kunststof kasdek). Mogelijk is dit te verklaren doordat in het laatste jaar naar een wat hoger takgewicht gestreefd werd. Dit kan leiden tot een afname van de produktiviteit per m<sup>2</sup>, zoals ook is af te leiden uit gegevens van Van der Hoeven et al. (1975). Ook is uit de literatuur bekend dat het te verwachten negatieve effect van een lagere lichttransmissie in een dubbeldeks kas kan worden gecompenseerd door een gunstiger klimaat, met name een hogere RV (Reiersen and Sebesta, 1981; Mortensen, 1986; Gislørød and Nelson, 1989).

Zoals was te verwachten bleek het succes van de teelt op eb/vloed te worden beïnvloed door de kwaliteit van het uitgangsmateriaal. De opkweek van stek op de kleine substraatplugjes vereiste een betere beheersing van de omstandigheden in het wortelmilieu dan nodig is bij gebruik van de conventionele perspotjes. Omdat deze techniek aanvankelijk nog in de kinderschoenen stond, bleek het stek op plugjes vaak relatief licht (klein) te zijn, en liet de uniformiteit te wensen over. In week 39 van

1991 is om die reden zelfs een teelt na drie weken beëindigd. Daarom is in 1992-1993 een methode ontwikkeld voor de beworteling van chrysantestek in jute plugjes op eb/vloedtafels (Buwalda et al. 1993).

Hoewel het eb/vloedsysteem en de gebruikte voedingsoplossing tot nu toe nog nooit zijn ontsmet en ook geen fungiciden zijn toegepast, zijn er geen problemen met wortelziekten geconstateerd. Hoewel ook in de praktijk bij de chrysant nauwelijks problemen bekend zijn met wortelpathogenen die altijd tot aantasting leiden als ze in contact komen met de wortels, vormt dit geen garantie voor het uitblijven van problemen bij grootschalige toepassing van het eb/vloedsysteem. Daarom lijkt het raadzaam om grootschalige systemen gecompartmenteerd aan te leggen in de vorm van phytopathologisch geïsoleerde, stoombare teeltvakken. Hiermee kan het risico van verspreiding van een eventuele ziekte via de voedingsoplossing beperkt worden gehouden. Bij een compartimentatie per plantweek (12 vakken bij 4,3 teelten per jaar) zou op deze manier bij de totale uitval van een teelt ongeveer 2% van de jaarproductie verloren gaan in vergelijking met 23% verlies bij uitval van de hele kas.

#### **4.3. Arbeidskundige aspecten**

Het met de hand planten van stek op kleine substraatplugjes bleek meer tijd te kosten dan het neerzetten van perspotjes. Daar staat tegenover dat bij de oogst het optrekken van de takken bijzonder gemakkelijk gaat. Dit komt overeen met de ervaring met chrysant op wortelberegening bij DENAR-kas in Rijswijk (van Emmerik en Vreugdenhil, 1992). Het oogsten is efficiënt doordat in één keer alle takken meegenomen kunnen worden. Het schoonmaken van het systeem is nu nog een klus, omdat met de hand de deksels van het systeem verwijderd moeten worden om wortelresten weg te halen. Bij grootschalige toepassing zijn verschillende oplossingen denkbaar: de deksels zouden kunnen worden opgerold of opgehesen met het hijsgaas, waarna de goten kunnen worden schoongespoten of in een keer schoongeveegd tijdens een vloedbeurt. Omdat er verder geen voorbereidingen nodig zijn, lijkt het haalbaar om binnen een dag na de oogst opnieuw te planten. Bij toepassing van oprolbare deksels is het schoonmaken na de oogst en opnieuw planten relatief eenvoudig te mechaniseren; in België wordt een dergelijk systeem al toegepast bij de teelt van sla op NFT.

#### **4.4. Economische aspecten**

De kernvraag is of de voordelen van de teelt op eb/vloed groot genoeg zijn om de relatief hoge kosten die aan het systeem verbonden zijn, terug te verdienen. Uit een

door M.N.A. Ruijs (PGB Naaldwijk) uitgevoerde tussentijdse economische berekening (Buwalda et al., 1992) bleek het saldo nog licht negatief ten opzichte van teelt in de grond. Bij een (ruw) geschatte produktie van 189 takken per m<sup>2</sup> per jaar werd het voordeel geraamd op negentien takken extra per bruto m<sup>2</sup> kasoppervlakte per jaar, uitgaande van de laatst bekende cijfers over de gemiddelde jaarproduktie bij teelt in kasgrond zonder assimilatiebelichting. Voor jaarronde teelt van chrysant in de grond wordt ervan uitgegaan dat de produktie in de periode 1990 - 1993 is toegenomen van 156 tot 170 takken per m<sup>2</sup> per jaar (KWIN). De huidige modelberekening bevestigt de eerder gepubliceerde schatting van de produktie op eb/vloed en komt zelfs nog hoger uit wanneer de mogelijkheden van een snelle teeltwisseling maximaal kunnen worden benut.

Extra kosten in vergelijking met de grondteelt zijn de systeemkosten, hogere arbeidskosten bij het planten, de te verwachten hogere stekprijs en de pompkosten. Te voorziene besparingen ten opzichte van grondteelt zijn: besparing op kunstmest door recirculatie, besparing op fungiciden (geen last van roest door een droger kasklimaat in verband met de afwezigheid van grondverdamping en minder last van wortelrot, met name Pythium), ook worden stomen en frezen van de grond overbodig. Tegenover de extra energiekosten voor de pompen staat een toename van de energie-efficiëntie die met de hogere produktie samenhangt. Bij een onveranderde hoeveelheid benodigde stookwarmte en eventuele elektriciteit voor assimilatiebelichting wordt een hogere produktie gehaald, waardoor het energieverbruik per eenheid produkt afneemt.

Het belangrijkste aspect van de hier gepresenteerde proeven en modelberekeningen is dat aannemelijk kan worden gemaakt dat met de teelt op eb/vloed een hogere produktie kan worden bereikt ten opzichte van de conventionele teelt in kasgrond. Hoe groot het voordeel bij een eventuele grootschalige toepassing in de praktijk precies zou kunnen zijn, is niet op te maken uit deze resultaten. Daarvoor is de invloed van de specifieke uitvoering van het geteste systeem en de karakteristieken van de kas, waarin de proeven zijn gedaan, waarschijnlijk te groot. Het rechtstreekse verband met de instraling doet vermoeden dat in een modernere kas (met transmissiewaarden van 75% in plaats van de 64% in de hier gebruikte kas) de produktie nog wel hoger zou kunnen uitkomen. Uit vervolgprouven, zoals momenteel worden uitgevoerd in het kader van het project Gesloten Bedrijfssystemen (PGB 7401) en bij DENAR-kas in Rijswijk, zal een duidelijker beeld moeten ontstaan van de mogelijkheden van de teelt op eb/vloed. Wel geven de resultaten in dit rapport duidelijk aan dat het zinvol is om verder te gaan met het ontwikkelen van het eb/vloedsysteem. Wanneer investeringen in teeltsystemen leiden tot voldoende produktieverhoging kan het netto bedrijfsresultaat toenemen (Ruijs et al., 1990). Dit

betekent dat als de hier gerapporteerde produktieverhoging structureel blijkt te zijn, de economisch rendabele toepassing van het systeem binnen handbereik komt.

#### **4.5. Toekomstperspectief**

Teeltsystemen los van de ondergrond, en met name substraatloze systemen, openen in vergelijking met teelt in kasgrond een aantal extra mogelijkheden om te optimaliseren. Ook in de grondteelt is de afgelopen vijf jaar vooruitgang geboekt, en het is zeker niet uitgesloten dat er nog verder geoptimaliseerd zal kunnen worden. Investerings in een eb/vloedsysteem kunnen economisch alleen worden gerechtvaardigd als juist die mogelijkheden tot optimalisering kunnen worden benut die direct met het systeem te maken hebben, en die in de grond niet aanwezig zijn. In de vorige paragraaf zijn al een aantal van deze voordelen genoemd. Het is niet uitgesloten, dat de toegenomen mogelijkheden om de omstandigheden in het wortelmilieu te beheersen nog verder kunnen worden uitgebuit, bijvoorbeeld door stadiumafhankelijk te bemesten, of door 's nachts andere voedingsoplossing te geven dan overdag (Bruggink et al., 1987), enzovoort. Met de eerder beschreven techniek van beworteling van chrysantestek op eb/vloed (Buwalda et al., 1993) wordt een verlengde opkweekfase mogelijk, waardoor de lichtbenutting van de teelt als geheel, en daarmee de produktie, aanzienlijk kan toenemen. In principe kan met een variabele plantafstand hetzelfde doel worden bereikt. Ook ontstaan extra mogelijkheden door mobiliteit, zoals teelt op rolbedden of transporttabletten, waardoor zowel de ruimtebenutting als de uniformiteit (geen randrijen) kan toenemen. Het is echter, gezien de nu al hoge ruimtebenutting bij de teelt van chrysant in kasgrond, niet te verwachten dat investeringen in mobiliteit op afzienbare termijn rendabel zullen worden.

#### **4.6. Aanbevelingen voor verder onderzoek**

De hier gepresenteerde resultaten zijn behaald met een kleinschalig prototype van het eb/vloedsysteem. Sinds de aanvang van dit project zijn verschillende programma's gestart (PGB project 7401, DENAR-kas), die informatie over het eb/vloedsysteem zullen opleveren op technisch, teeltkundig en bedrijfskundig gebied. De nu volgende aanbevelingen voor verder onderzoek zouden een aanvulling kunnen vormen op het reeds lopende programma:

- Stadiumafhankelijk watergeven en bemesten: In principe kan een gewas in een optimaal waterig teeltsysteem onbeperkt water en voedingsstoffen opnemen. Theoretisch wordt de opname in dat geval bepaald door regulatieprocessen in de

plant en niet door beperkingen in het systeem. Het is niet zeker of in die situatie de groei en ontwikkeling van het gewas ook automatisch optimaal zal zijn. Door de samenstelling van de voedingsoplossing te variëren kan de opname waarschijnlijk toch worden beïnvloed, wat weer een effect kan hebben op ontwikkeling en kwaliteit van het gewas. Het is denkbaar dat per stadium een ander optimaal voedingsrecept wordt gevonden. Teelt op eb/vloed biedt de mogelijkheid om het bemestingsrecept zeer snel aan te passen. Voordat echter kan worden afgewogen of investeringen in een flexibel bemestingsstelsel (extra opslagtanks, meer geavanceerde bemestingsunit en programmatuur) rendabel zijn in vergelijking met een vaste set streefwaarden gedurende de hele teelt, moet informatie beschikbaar zijn over het optimale bemestingsrecept per stadium.

- Holle stelen: In de hier gerapporteerde proeven bleken de stelen bij de bloei soms geheel of gedeeltelijk hol te zijn geworden. Dit verschijnsel heeft een negatieve invloed op het takgewicht en daarmee op de veilingopbrengst. In extreme gevallen kan door het 'holtrekken' de steel erg slap worden en is er duidelijk sprake van verminderde kwaliteit. In de praktijk wordt wel verondersteld dat er een verband bestaat tussen de bemesting en het hol worden van de steel. Uit de literatuur is bekend dat chrysant assimilaten kan opslaan in de steel. Het is van praktisch belang om te weten of de kans op het optreden van holle stelen bij de teelt op eb/vloed groter is dan bij teelt in de grond. Om te bepalen of door aanpassingen in de bemesting de kans op holle stelen verminderd kan worden, zou de fysiologische achtergrond van het verschijnsel moeten worden onderzocht.

- Optimale teeltplanning: Bij de teelt van chrysant bestaat de mogelijkheid om door teeltmaatregelen (begin bloei-inductie, plantdichtheid, onderbreking) de kwaliteit en kwantiteit van de produktie te beïnvloeden. Ook is er sprake van een verband tussen teeltsnelheid en plantdichtheid. Veilingprijzen vertonen een (door het jaar heen mogelijk variabel) verband met de kwaliteit (met name takgewicht); verder is natuurlijk het aantal aangeleverde takken mede bepalend. Kosten voor plantmateriaal en arbeid tijdens de teeltwisseling zijn evenredig met het aantal takken. Door aan het produktiemodel de relatie tussen plantdichtheid en produktie toe te voegen, en het model te koppelen aan een gegevensbestand over de relatie tussen kwaliteit en veilingprijs voor verschillende gewassen door het jaar heen, kan een optimaal teeltplan worden berekend. Als het model goed blijkt te werken, zou een commerciële versie jaarlijks automatisch kunnen worden bijgesteld door het invoeren van de meest recente gegevens van veiling en de verhouding tussen voorspelde en gerealiseerde produktie.



- Technische uitvoering: Bij de verdere ontwikkeling van het systeem zal een afweging moeten worden gemaakt tussen aanlegkosten, betrouwbaarheid, duurzaamheid, milieu-aspecten van materiaalkeuze, arbeidsbehoefte, enzovoort. Uit tabel 6 blijkt duidelijk het belang van een snelle teeltwisseling; alleen in een goed uitgekiend systeem zal die zijn te realiseren zonder extra inzet van arbeid.
  
- Ontsmetten: De grote hoeveelheid water die in een eb/vloedsysteem in omloop is maakt het continu ontsmetten van al het retourwater ondoenlijk. De teeltresultaten tot nu toe geven ook geen aanleiding om te veronderstellen dat continu ontsmetten nodig zal zijn. Het verspreidingsrisico van een eventuele wortelpathogeen zou kunnen worden beperkt door het systeem aan te leggen in de vorm van phytopathologisch geïsoleerde, stoombare teeltvakken met eigen opslagtanks voor de voedingsoplossing. Voor het aanvullen en bijsturen van deze verschillende voedingsoplossingen zou kunnen worden volstaan met één enkele bemestingsunit, wanneer deze tussen het bewerken van twee oplossingen door snel en efficiënt ontsmet kan worden.

## 5. LITERATUUR

- Baas, R., Van den Berg, J.T.M. en Van Weel, P.A., 1990. Zuurstofvoorziening speelt belangrijke rol bij chrysant. Vakblad voor de Bloemisterij 48: 40-41.
- Baas, R., Van Weel, P.A., Van den Berg, J.T.M. en Boer, K., 1991. Effecten van zuurstofgebrek en NaCl overmaat in substraatloze teeltsystemen bij chrysant. PBN-rapport 123.
- Bruggink, G.T., Schouwink, H.E. and Coolen, E.A.J.M., 1987. Effects of different day and night osmotic pressure of the nutrient solution on growth, water potentials and osmotic potentials of young tomato plants in soilless culture. *Soilless Culture* 3: 9-19.
- Buwalda, F. en Kim, K.S., 1992. Beter stek voor substraatloze teeltsystemen. Vakblad voor de Bloemisterij 45: 35.
- Buwalda, F. en Van en Berg - De Vos, B., 1992. Goede produktie in gesloten systeem wordt mogelijk. Vakblad voor de Bloemisterij 27: 42-43.
- Buwalda, F., Van den Berg - De Vos, B. and Van Weel, P. A., 1992. Jaarrond-chrysanten op een substraatloos teeltsysteem. Vakblad voor de Bloemisterij 12: 42-45.
- Buwalda, F., Kim, K.S., en Van den Berg - de Vos, B., 1993. Stekbeworteling van chrysant in jute plugjes voor produktie op waterige teeltsystemen. PBN-rapport 166.
- Buwalda, F., Baas, R. and Van Weel, P.A., 1994. A soilless cultivation system for all-year-round chrysanthemums. *Acta Hort.* 361: 000-000 (in druk).
- Gislerød, H.R. and Nelson, P.V., 1989. The interaction of relative air humidity and carbon dioxide enrichment in the growth of *Chrysanthemum morifolium* Ramat. *Sci. Hort.* 38: 305-313.
- Graves, C.J., 1983. The nutrient film technique. *Hort. Rev.* 5: 1-44.
- Janick, J. and Durkin, D., 1968. The effect of plant density on greenhouse chrysanthemum quality. *J. Am. Soc. Hort. Sci.* 93: 583-588.
- KWIN, 1990 - 1994. Kwantitatieve informatie voor de glastuinbouw - Groenten, snijbloemen en potplanten, 8<sup>e</sup> t/m 11<sup>e</sup> druk. IKC Glasgroenten / Bloemisterij, Aalsmeer/Naaldwijk.
- Mortensen, L.M., 1986. Effect of relative humidity on growth and flowering of some greenhouse plants. *Sci. Hort.* 29: 301-307.
- Reiersen, D. and Sebesta, Z., 1981. A comparison of the effect of single glass and double acrylic sheating on plant growth and development. *Acta Hort.* 115: 401-408.
- Ruijs, M.N.A., van Os, E.A., Hendrix, A.T.M., van der Hoeven, A.P., Koning, F.

- en van Weel, P.A., 1990. Bedrijfskundige aspecten van milieuvriendelijkere bedrijfssystemen in de glastuinbouw: Simulatie van milieuvriendelijkere bedrijfssystemen voor de gewasgroep 'eenmalig oogstbare snijbloemen' (chrysant). Verslag nr. 2, PTG, Naaldwijk.
- Sonneveld, C. en Straver, N., 1989. Nutrient solutions for vegetables and flowers grown in water or substrates. Voedingsoplossingen in de glastuinbouw 8. PTG Naaldwijk, PBN Aalsmeer, Consulentenschap voor de Tuinbouw.
- Van der Hoeven, A.P., 1988. Mogelijkheden chrysantenteelt op voedingsfilm opnieuw in onderzoek. Vakblad voor de Bloemisterij 13: 48-49.
- Van der Hoeven, A.P., Mol, C.P. and Van der Steen, J.A., 1975. Plant density of year-round chrysanthemums. Neth. J. Agric. Sci. 23: 224-230.
- Van Emmerik, P. en Vreugdenhil, W., 1992. De acht systemen van Denarkas vergeleken. Vakblad voor de Bloemisterij 30: 22-25.
- Van Os, E.A., 1980. Complete mechanization of the growing of cut chrysanthemums in nutrient film. ISOSC Proceedings 1980: 197-196.
- Van Weel, P.A., 1982. Snijchrysanten op transporttabletten bieden weinig voordelen. Vakblad voor de Bloemisterij 47: 34-35.
- Weigl, P. en Van de Wiel, A., 1989. Assimilatiebelichting biedt mogelijkheid tot dichter planten. Vakblad voor de Bloemisterij 38: 62-63.

**Bijlage 1: Beschrijving van het computerprogramma waarmee de irrigatiefrequentie vanaf week 41 (1991) werd geregeld.**

Het principe waarop het watergeef-rekenmodel berustte verschilde enigszins van dat in gangbare modellen voor de teelt in kasgrond of substraat, omdat in het substraatloze systeem de watervoorraad in het wortelmilieu erg klein was, en bovendien afhankelijk van de grootte van de wortelmasse.

Empirisch werd bepaald dat een wortelpruik na een vloedbeurt nog enkele minuten water verliest, maar daarna ongeveer zijn eigen gewicht aan water blijft vasthouden, dus 5 ml water voor een wortelpruik van 5 gram vers, 10 ml voor een pruik van 10 gram, etc.

Ook de waterbehoefte houdt verband met de grootte van de plant. Er is in dit geval echter geen sprake van een simpele evenredigheid: in de eerste weken na het planten, zolang nog geen gesloten bladerdek is gevormd, zal de verdamping verhoudingsgewijs wat hoger zijn. Dat het toch mogelijk blijkt te zijn om een zeer eenvoudig watergeefmodel te ontwerpen, komt doordat in de eerste weken na het uitplanten de wortel/spruitverhouding van chrysanten ook wat hoger bleek te liggen dan gedurende de rest van de teelt. Hierdoor wordt na elke irrigatiebeurt ook wat meer water vastgehouden, zodat de beide afwijkingen van het ideale geval elkaar compenseren. Daarom werd gesteld dat de irrigatiebehoefte, voor zover die wordt bepaald door de verdamping, onafhankelijk was van het gewasstadium, en uitsluitend werd bepaald door externe factoren (instraling en buistemperatuur in het gewas).

Irrigatie heeft echter nog een andere functie, met name in een substraatloos teeltsysteem: de voorziening van de wortels van minerale voedingsstoffen. Uit literatuur blijkt dat in waterige teeltsystemen de mineralenopname onafhankelijk is van de wateropname (Wild et al., 1987). Het werd daarom noodzakelijk geacht om onafhankelijk van de waterbehoefte regelmatig te irrigeren om de wortels op tijd van mineralen te voorzien.

Op grond van deze overwegingen is een watergeefmodel ontworpen, dat direct na een irrigatiebeurt begint met een doorlopende berekening van het percentage van het in de wortels achtergebleven water, dat inmiddels moet zijn opgenomen. De berekening werd met een frequentie van een keer per minuut uitgevoerd, en is gebaseerd op de instraling ( $R$  in  $W/m^2$ ) en de stookenergie in de onderbuis ( $S$  in graadminuten; 1 graadminuut = 1 °C verschil tussen buis- en kastemperatuur gedurende 1 minuut), volgens de formule:

$$\text{Verdamping (\%)} = 0.0033 * S + 0.004 * R$$

Onafhankelijk van elkaar waren er twee grenswaarden in te stellen: het maximale verdampingspercentage, wanneer de berekende verdamping sinds de laatste irrigatie deze grens overschreed, werd een nieuwe vloedbeurt gegeven. De tweede instelling was de maximale wachttijd, ook wanneer nog niet de ingestelde hoeveelheid achtergebleven water was opgenomen, werd een nieuwe beurt gegeven wanneer na de voorafgaande beurt een ingestelde hoeveelheid tijd was verstreken. Bij elke vloedbeurt werd een 'dode tijd' van 10 minuten aangehouden (zo lang duurde een beurt inclusief het teruglopen van de voedingsoplossing), waarna de aktuele wachttijd en het verdampingspercentage weer op nul werden gesteld.

De standaardbehandeling, waarop de gegevens in tabel 2 betrekking hebben, had een ingestelde grenswaarde voor het verdampingspercentage van 100% en een maximale wachttijd van 60 minuten. Bij donker weer werd de grenswaarde voor het verdampingspercentage niet gehaald, en werden 21 vloedbeurten per etmaal gegeven. Op dagen waarop niet met de onderbuis werd gestookt, trad de lichtverhoging van de irrigatiefrequentie in werking zodra de instraling boven 417 W/m<sup>2</sup> kwam.

Wild, A., Jones, L.H.P., and Macduff, J.H. (1987) - Uptake of mineral nutrients and crop growth: the use of flowing nutrient solutions. *Advances in Agron.* 41: 171-219.

## **Bijlage 2: Ontwikkeling van het produktiemodel**

### **B2.1. Het ontwerpen van produktiemodellen**

Algemeen mag worden verwacht dat het produktieniveau het sterkst wordt bepaald door de belangrijkste beperkende factor voor de gewasgroei. Onder Nederlandse omstandigheden is dit in de meeste gevallen de beschikbare lichthoeveelheid (Klapwijk en Wubben, 1986). Op grond van de relatief hoge produktiecijfers in de zomermaanden (tabel 2) en het verloop van de instraling (figuur 3) ligt het voor de hand om te veronderstellen dat de teelt van chrysaant op eb/vloed op deze algemene regel geen uitzondering vormt. Daarom is de stralingsom (gemiddelde per week over de proefperiode 1990-1993) als uitgangspunt gekozen voor het ontwikkelen van een model voor de teelt van chrysaant (cv. 'Impr. Reagan' ) op het substraatloze eb/vloed-systeem. Als eenvoudigste model kan een correlatie worden verondersteld tussen de produktie en de stralingsom over de oogstweek. In dit model wordt geen rekening gehouden met de voorgeschiedenis, waardoor bijv. seizoensafhankelijke afwijkingen kunnen ontstaan. Zo zal bij een bepaalde stralingsom in de oogstweek in het najaar tijdens de teelt veel meer licht zijn opgevangen dan bij een oogstweek met vergelijkbaar stralingsniveau in het voorjaar. Als alternatief kan daarom een model worden ontworpen op basis van de instraling, gesommeerd over de gehele teelt. Een mogelijk bezwaar tegen een dergelijk model kan zijn dat de instraling in de eerste weken na het uitplanten, wanneer de bedekkingsgraad (Leaf Area Index) nog niet optimaal is, er in de praktijk relatief weinig toe doet, en dus in het model een onevenredig grote invloed heeft. Op grond van deze overwegingen kan ook een derde model worden ontwikkeld op basis van de stralingsom over de korte-dag-periode; in dit geval is gerekend op basis van de lichtsom over de laatste acht weken van elke teelt. Op basis van elk van deze drie mogelijkheden is een lineair model gefit (er was geen duidelijke aanleiding om een complexer model te kiezen).

### **B2.2. Toetsing van de modellen**

Door middel van toetsing en analyse van de afwijkingen werd de kwaliteit van deze modellen bepaald en het beste model gekozen. Het model op basis van de lichtsom over de laatste acht weken bleek de minste restvariantie op te leveren, dat wil zeggen het best te passen (tabel B1). Voorspellingen gedaan met het model op basis van de lichtsom over de totale teelt bleken echter nauwelijks minder nauwkeurig te zijn. De lichtsom in de oogstweek bleek veruit de slechtste voorspeller te zijn. Ter controle is ook gekeken naar de relatie tussen de gemeten produktie en de lichtsom over de

laatste acht weken van de betreffende teelt (in plaats van het gemiddelde over de periode 1990-1993). Ook in dit geval bleek ongeveer 95% van alle variatie in produktie verklaard te kunnen worden op basis van straling (figuur B1).

Een tweede belangrijk criterium voor de kwaliteit van een model is of er systematische afwijkingen in voorkomen. Deze afwijkingen zijn aan te wijzen als trends in grafieken van de residuen (verschil tussen waargenomen en voorspelde produktie) tegen de tijd of tegen de waargenomen produktiecijfers zelf. Uit deze grafieken (figuur B2) blijkt dat er in het model op basis van de lichtsom in de oogstweek inderdaad een systematische afwijking zit: in de eerste helft van het jaar ligt de voorspelde produktie steeds hoger dan de gemeten waarde, in de tweede helft van het jaar juist lager. Om de groei van chrysant te kunnen beschrijven, moet dus rekening worden gehouden met de voorgeschiedenis (respectievelijk weinig en veel licht in de voorafgaande weken). In de afwijkingen van de beide andere modellen zijn geen duidelijke trends te ontdekken. Wel heeft het model op basis van de lichtsom over de hele teelt de neiging om de produktie in de winter iets te hoog in te schatten.

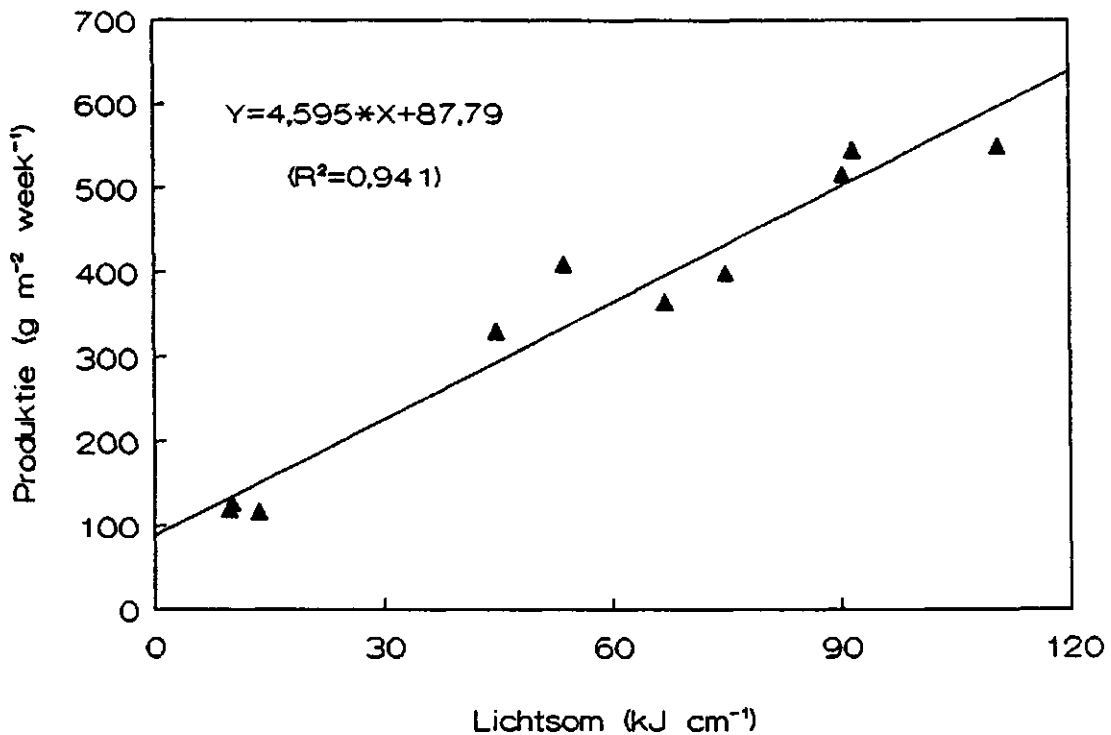
Geconcludeerd kan worden dat het model op basis van de lichtsom over de laatste acht weken voor de oogst het meest geschikt is, omdat het niet alleen het minst afwijkt van de gemeten gegevens, maar ook het minst aanleiding geeft om te veronderstellen dat er systeem in die afwijkingen zit. Omdat dit model het overgrote deel van alle verschillen in opbrengst tussen de tien uitgevoerde teeltproeven verklaart, gebaseerd is op de meest voor de hand liggende teeltfactor, en verder omdat het toeval zeer waarschijnlijk ook nog een kleine rol heeft gespeeld bij het bepalen van de hoogte van de produktie, is het weinig zinvol om te proberen meer gedetailleerde modellen te ontwikkelen.

Het produktiemodel op basis van de lichtsom over de laatste acht weken van elke teelt heeft als bijkomend voordeel dat er relatief gemakkelijk mee gerekend kan worden. Het model op basis van de lichtsom over de hele teelt heeft voor elke verandering in teeltduur, zoals in de praktijk gebruikelijk is bij de wisseling van de seizoenen, een andere formule nodig.

Klapwijk, D. en Wubben, C.F.M., 1986. Zonlicht heeft grote invloed op vegetatieve groei chrysant. Vakblad voor de Bloemisterij 35: 44-45.

Tabel B1: De drie getoetste modellen met elkaar vergeleken. Met sterretjes wordt de betrouwbaarheid van de toetsingsgrootheden F en T aangegeven: n.s. = niet significant; één, twee of drie sterretjes betekent respectievelijk minder dan 5%, 1% of 0,1% kans dat het niet klopt.

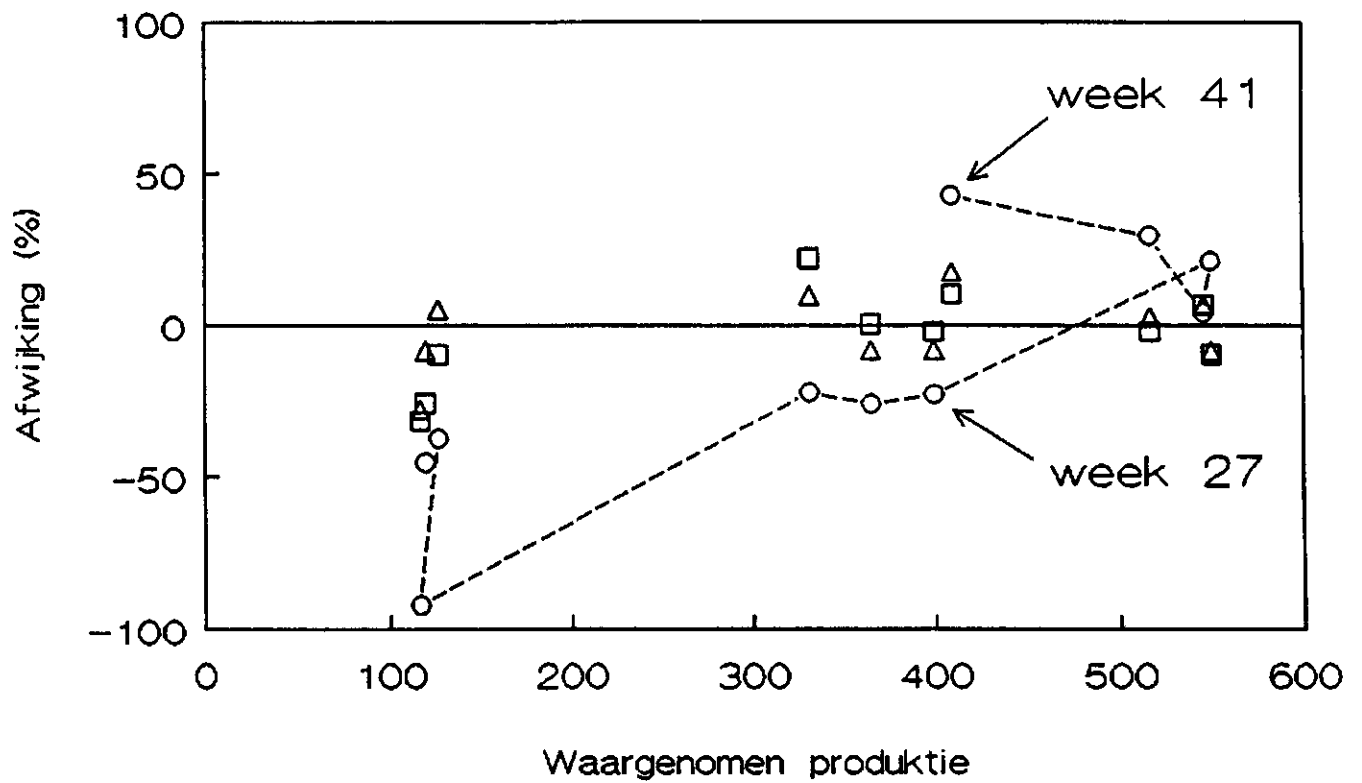
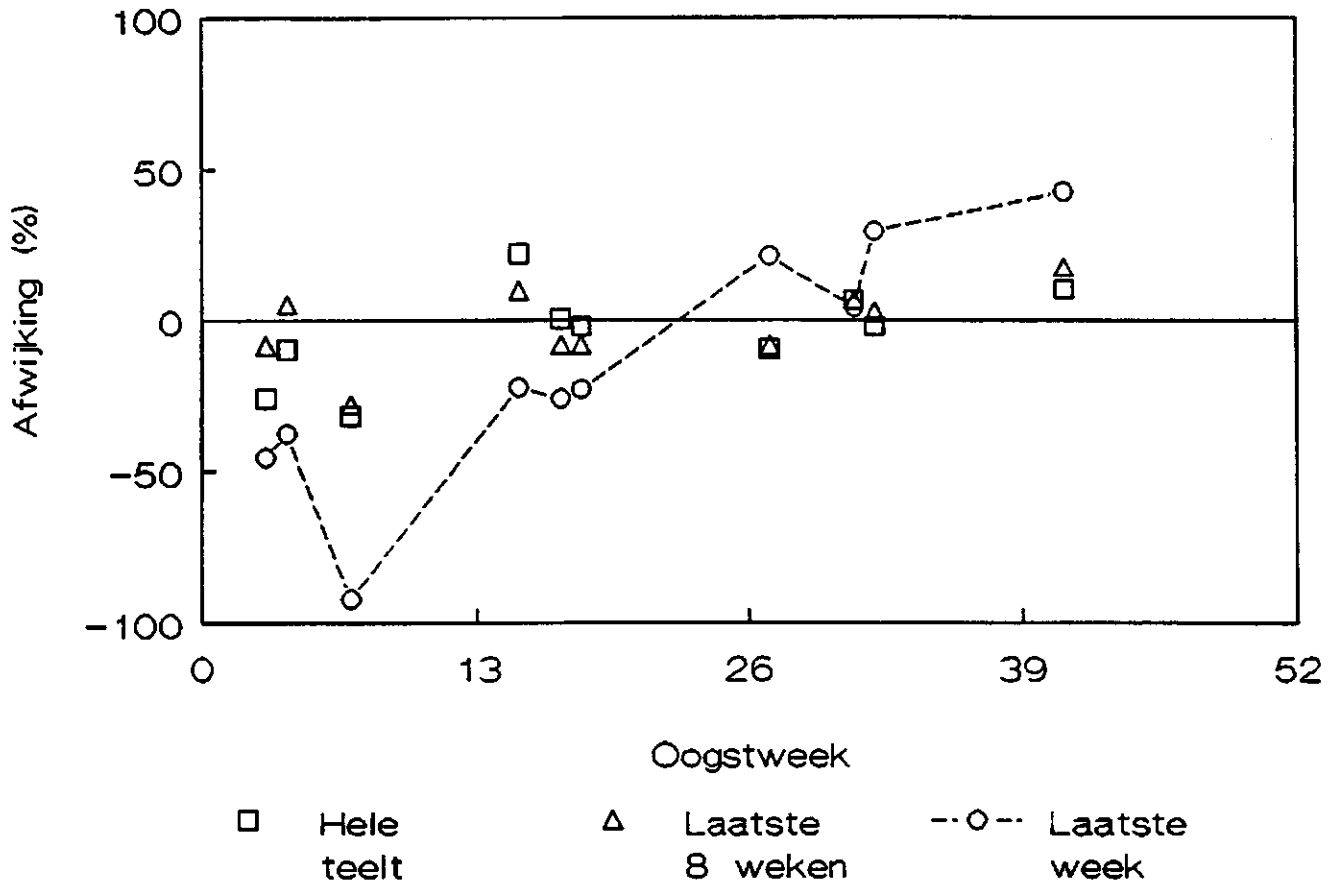
Model	Variatie verklaard door het model (%)	F-waarde	T-waarde	
			evenredigheidsfactore	constante
lichtsom gehele teelt	94,9	147,8 <sup>***</sup>	12,1 <sup>***</sup>	0,9 <sup>n.s.</sup>
lichtsom laatste 8 weken	95,2	158,9 <sup>***</sup>	12,6 <sup>***</sup>	3,4 <sup>**</sup>
lichtsom oogstweek	60,2	12,1 <sup>**</sup>	3,5 <sup>**</sup>	2,1 <sup>n.s.</sup>



Figuur B1: Verband tussen de gemeten produktie en de werkelijk gemeten stralingsom over de laatste acht weken van de betreffende teelt (hier is dus niet de gemiddelde waarde over de proefperiode 1990-1993 gebruikt, op basis waarvan het produktiemodel is gemaakt).

Figuur B2 (volgende pagina): Systematische afwijkingen in de produktiemodellen werden opgespoord door te kijken naar verschillen tussen de gemeten produktie en de door het model berekende produktie. Deze verschillen zijn weergegeven per oogstweek (boven) en in relatie tot de gemeten produktie zelf (onder), uitgedrukt als percentage van de waargenomen produktie. Alleen bij het model gebaseerd op de lichtsom tijdens laatste week zijn duidelijke systematische afwijkingen te ontdekken.





### Bijlage 3: Beschrijving van het simulatieprogramma voor de teelt van chrysaant op een substraatloos, recirculerend eb/vloedsysteem.

De in de simulatie gebruikte produktiegegevens per oogstweek zijn berekend op basis van het model dat ook in tabel 5 is toegepast, de resultaten staan hier echter per dag weergegeven in plaats van per week. Het simulatieprogramma kijkt in een bepaalde oogstweek hoeveel takken er zijn geoogst, telt dit resultaat bij de totaalscore op, loopt daarna naar het begin van de teelt en vervolgens naar de daaraan voorafgaande oogst (verschil is het aantal dagen nodig voor de teeltwisseling). Merk op dat het simulatieprogramma terugrekenet in de tijd; dit was programmeertechisch eenvoudiger, terwijl het voor de uitkomsten niets uitmaakt. Wanneer het programma na een aantal teeltronden de tabel uitloopt, wordt het door de macro NIEUWJAAR weer op de juiste regel (een 'jaar' eerder) teruggezet.

#### HET DIGITALE EB/VLOEDSYSTEEM

Een simulatieprogramma voor de teelt van jaarrondchrysaant op een substraatloos, recirculerend eb/vloedsysteem (zie PBN-rapport 176)

Fokke Buwalda  
PBN Linnaeuslaan 2a  
1431 JV Aalsmeer  
tel. 02977-52525  
fax. 02977-52270

#### INSTELLINGEN EN RESULTATEN

gewenst aantal teeltronden	50
uitgevoerde teeltronden	0
totaal aantal takken per m2	0
totale bedrijfstijd (d)	0
teelten per jaar	0
dagen voor teeltwisseling	3
ruimtebenutting (%)	85
productie (tak/m2/jaar)	0

BIJZONDERHEDEN PER TEELTRONDE VERSCHIJNEN OP DE ONDERSTE REGEL						
Produktie deze ronde	Gewicht per tak (tak/m2)	Teeltduur (gram)	Teeltduur deze ronde (dagen)	Datum Dag	Week	Plantdichtheid midden in de bedden (tak/m2)
129.4752	39 60.69153	105	105	1	1	32
129.4752	39 60.69153	105	105	2	1	32
129.4752	39 60.69153	105	105	3	1	32
129.4752	39 60.69153	105	105	4	1	32
129.4752	39 60.69153	105	105	5	1	32
129.4752	39 60.69153	105	105	6	1	32
129.4752	39 60.69153	105	105	7	1	32
129.2538	39 60.58776	105	105	8	2	32
129.2538	39 60.58776	105	105	9	2	32
129.2538	39 60.58776	105	105	10	2	32
129.2538	39 60.58776	105	105	11	2	32
129.2538	39 60.58776	105	105	12	2	32
129.2538	39 60.58776	105	105	13	2	32
129.2538	39 60.58776	105	105	14	2	32
130.5504	39 61.19553	105	105	15	3	32
130.5504	39 61.19553	105	105	16	3	32
130.5504	39 61.19553	105	105	17	3	32
130.5504	39 61.19553	105	105	18	3	32
130.5504	39 61.19553	105	105	19	3	32
130.5504	39 61.19553	105	105	20	3	32
130.5504	39 61.19553	105	105	21	3	32
132.4438	39 62.08305	105	105	22	4	32
.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.
144.7501	39 64.62058	100	100	357	51	32
134.8233	39 60.18898	100	100	358	52	32
134.8233	39 60.18898	100	100	359	52	32
134.8233	39 60.18898	100	100	360	52	32
134.8233	39 60.18898	100	100	361	52	32
134.8233	39 60.18898	100	100	362	52	32
134.8233	39 60.18898	100	100	363	52	32
134.8233	39 60.18898	100	100	364	52	32
134.8233	39 60.18898	100	100	365	1	32

(de volledige tabel is 365 regels lang en correspondeert met tabel 5 in het rapport)

Het simulatiemodel staat geprogrammeerd in LOTUS 1-2-3 macro-commando's. Omdat de macro's niet meer op de juiste plaats in het werkblad staan, kloppen de celcoördinaten helaas niet meer.

Macro LOOP: begin op nul, voor de macro TUINDER uit, blijf herhalen totdat het aantal teeltronden gelijk is aan het gewenste aantal, geeft geluidssignaal als de opdracht klaar is.

```
/xcRESET~  
/xcTUINDER~  
/xi@cell("contents",j97..j97)<@cell("contents",j96..j96)~(windowson)/xgLOOP~  
(goto)h193~(windowson){beep 2}{beep 3}{beep 2}{beep 3}{beep 2}{beep 3}{beep 2}{beep 3}  
/xgMENU0~
```

Macro RESET: zet alle tellers op nul, ga naar begin van de tabel met teeltgegevens per dag.

```
(goto)h479~(right 3)  
/cn129~j97..j99- 0  
/xr
```

Macro TUINDER: doe 1 teeltronde (4 submacro's)

```
(paneloff)(windowsoff)  
/xcOOGST~  
/xcTEELT~  
/xcWISSELING~  
/xcNIEUWJAAR~  
/xr
```

Macro OOGST: Tel de gegevens van deze oogst (teeltduur, aantal takken) op bij de waarden in de tabel 'INSTELLINGEN EN RESULTATEN'

```
{left 2}/c-n123~/rv0123~J98-  
{right 2}/c-n124~/rv0124~J99-  
/rv0125~j97- aantal: 64 totalen: 2897 aantal takken  
/xr teeltduur: 75 4447 bedrijfstijd  
 1 51 aantal teelten
```

Macro TEELT: Lees de teeltduur die bij deze oogst hoort af in de tabel, loop dan van het eind naar het begin van deze teelt.

```
{up @cellpointer("contents")-1}  
{beep 1}  
/xr
```

Macro NIEUWJAAR: Ga 365 regels (= 1 jaar) omlaag als de tabel opgehouden is

```
/xi@cellpointer("contents")<1~(down 365)  
/xr
```

Macro WISSELING: Loop van het begin van deze teelt naar het begin van de vorige oogst

```
{up @cell("contents",j101..j101)-1}  
{beep 4}  
/xr
```

Macro MENU0: zet het hoofdmenu op de menubalk

```
{menubranchn NIVEAU0} Invoer Start Einde  
Invoer aaBegin metGa terug naar DOS  
/xgMENU1~/xgLOOP~ /qy
```

Macro MENU1: zet submenu voor keuze 'invoer' op de menubalk

```
{menubranchn NIVEAU1} Teelten WisselingRuimtebenHoofdmenu  
Invoer geInvoer aaInvoer peGa terug naar hoofdmenu  
/xnAantal/xnAantal/xnPercen/xgMENU0~  
/xgMENU1~/xgMENU1~/xgMENU1~
```