

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

ISSN 1385 - 3015

## **MINIMALE TRANSPIRATIE IN RELATIE TOT ENERGIEVERBRUIK, PRODUCTIE EN KWALITEIT VAN GLASTUINBOUWGEWASSEN**

*Verslag van het onderzoek in 1996*

Project 1308 (voorheen 2302)

M.H. Esmeijer  
R. de Graaf

Naaldwijk, december 1998

Rapport 165  
Prijs f 20,00

Rapport 165 wordt u toegestuurd na storting van f 20,00 op bankrekeningnummer 1566.70.011 ten name van Proefstation Naaldwijk onder vermelding van 'Rapport 165, MINIMALE TRANSPIRATIE IN RELATIE TOT ENERGIEVERBRUIK, PRODUCTIE EN KWALITEIT VAN GLASTUINBOUWGEWASSEN. Onderzoek 1996'.

# INHOUD

<b>SAMENVATTING</b>	<b>5</b>
<b>1. INLEIDING</b>	<b>7</b>
<b>2. MATERIAAL EN METHODE</b>	<b>8</b>
2.1 Teelt	8
2.2 Kas	8
2.3 Behandelingen	8
2.3.1 Uitvoering van de behandelingen	9
2.4 Kasklimaat	10
2.5 Berekenen energieverbruik	10
2.6 Het meten van het waterverbruik	11
2.7 Waarnemingen	11
<b>3. RESULTATEN</b>	<b>13</b>
3.1 Kasklimaat	13
3.2 Energie- en waterverbruik	14
3.3 Productie en kwaliteit	15
3.4 Gewasgroei	16
<b>4. DISCUSSIE</b>	<b>18</b>
4.1 Kasklimaat	18
4.2 Productie	18
4.3 Energie- en waterverbruik	19
4.4 Gewasgroei	20
4.5 Botrytis	20
<b>5. CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN</b>	<b>21</b>
<b>LITERATUUR</b>	<b>22</b>
<b>BIJLAGEN</b>	

## SAMENVATTING

Tussen 11 januari en 20 mei 1996 is het vierde experiment uitgevoerd van het project 'Minimale transpiratiebehoefte in relatie tot het energieverbruik, productie en kwaliteit van glastuinbouwgewassen'.

De doelstelling van deze proef was het vaststellen van de minimaal noodzakelijke transpiratie van komkommer voor een maximale productie met een goede kwaliteit en het beperken van de Botrytis-aantasting met behulp van een RV-grens.

Gekozen was voor het meeldauwtolerante, bolbladgevoelige ras Odessa. Om een hoge luchtvochtigheid en hierdoor een lage verdamping te bereiken werd het gewas onder een vast foliescherm geteeld. Er zijn zes verschillende behandelingen toegepast in vier herhalingen. De behandelingen omvatten twee verschillende perforaties, gaatjes van 8 mm op 5\*5 cm en van 6 mm op 20 \*20 cm, het instellen van een RV-grens van 95%, het instellen van minimumventilatie of het toepassen van een extreme gewassnoei. Hierdoor ontstonden verschillen in vochtgehalte in de afdelingen. De overige kasklimaatfactoren werden zo veel als mogelijk gelijk gehouden. Half april liep de temperatuur tot boven 30 °C op en is besloten het foliescherm te snijden en een week later te verwijderen.

Als gevolg van de proeffactoren ontstonden er relatief droge en relatief natte behandelingen. Dit resulteerde niet in verschillen in gewasontwikkeling. De productie werd niet beïnvloed. Kleur en houdbaarheid waren ruim voldoende gedurende de gehele teelt. Het waterverbruik was in de 'droge' behandelingen groter dan in de natte. Er bleek geen enkele relatie tussen het waterverbruik en het energieverbruik, noch tussen het waterverbruik en de productie.

Ook in 1996 werd ondanks een hoge luchtvochtigheid een goede productie en kwaliteit geoogst. De verdamping bleek niet tot een nadelig niveau beperkt te kunnen worden. Het verwijderen van het scherm bleek ook dit jaar tot problemen te leiden.

Voor 1997 wordt dan ook voorgesteld af te stappen van het oorspronkelijk idee om verdamping als het ware te integreren en te kiezen voor het praktisch toepasbaar maken van de bevindingen tot nu toe.

## 1. INLEIDING

Het gebruik van de verwarming gelijktijdig met het openzetten van de luchtramen is in de glastuinbouw heel gebruikelijk. Hierdoor wordt de luchtvochtigheid van de kaslucht verlaagd om de verdamping van het gewas te stimuleren. Dit zogenaamde 'droogstoken' is verantwoordelijk voor ongeveer 10 tot 15% van het totale jaarlijkse energieverbruik (A. de Koning, 1995). Of en hoever de verdamping gestimuleerd moet worden is echter nooit duidelijk aangetoond. In 1995 is een eerste experiment uitgevoerd om de minimaal noodzakelijke verdamping van komkommer te bepalen. Om de verdamping te beperken werden toen drie verschillende folieschermen boven het gewas aangebracht. Zowel de productie als de kwaliteit van de komkommers bleken niet nadelig beïnvloed te worden door de hoge luchtvochtigheid onder de folieschermen. Dit was tegen de verwachting in. In het verleden bleek een hoge luchtvochtigheid bij komkommer nadelig voor de kwaliteit, met name de kleur van de vruchten (Bakker, 1991). Het was blijkbaar niet gelukt de verdamping tot een nadelig niveau te beperken. Verder ontstonden er problemen met Botrytis. Vooral in de behandelingen waar de luchtvochtigheid eerst hoog was geweest en na het verwijderen van de folielaag vielen er veel planten uit als gevolg van Botrytis.

Deze punten waren aanleiding om een vervolgonderzoek uit te voeren. Omdat het in 1995 niet was gelukt om nadelige effecten op productie en kwaliteit te krijgen, werd er in 1996 voor gekozen om zo lang mogelijk een zo hoog mogelijke luchtvochtigheid aan te houden. Daarnaast werden diverse behandelingen zo gekozen dat vragen die naar aanleiding van de proef van 1995 ontstaan waren, beantwoord konden worden.

Een van de vragen was of de extreme snoei, zoals uitgevoerd in 1995, wellicht verantwoordelijk was voor de opmerkelijk goede kwaliteit. Het al dan niet extreem snoeien van de komkommerplanten werd daarmee een proeffactor. Inmiddels bleek de praktijk ook sterker te zijn gaan snoeien, mede naar aanleiding van andere proefresultaten en ontwikkelingen in België. Dientengevolge werd gekozen voor het 'oude' Nederlandse snoeiregime, gangbaar tot en met 1995, en de Belgische snoeimethode, waarbij de ranken en zijrankes korter gehouden worden. Door minder te snoeien dan in 1995 wordt meer gewas overgehouden waarmee mogelijk ook een hogere luchtvochtigheid in de tweede helft van de proef gerealiseerd kan worden.

Botrytissporen hebben gedurende een bepaalde tijd een erg hoge luchtvochtigheid nodig om goed te kunnen kiemen. Wellicht is het mogelijk om de Botrytis-aantasting te beperken door een extreem hoge luchtvochtigheid te voorkomen. Het instellen van een RV-grens op 95%, waar de RV niet boven mag stijgen, lijkt hiertoe een mogelijkheid. De RV-grens werd daarom een volgende proeffactor.

## 2. MATERIAAL EN METHODE

### 2.1 TEELT

Omdat bij de proef in 1995 meeldauw voor problemen zorgde is gekozen voor het meeldauw-tolerante ras Odessa. De plantdatum was 11 januari 1996 en de zaaidatum 15 december 1995. De planten stonden op steenwol in plastic goten. Per goot stonden vijf planten met een plantafstand van 90 cm. Per afdeling lagen twaalf rijen met in totaal 60 planten. De DLV adviseerde tijdens de teelt. De teelttemperatuur was 21/20 °C dag / nacht (D/N) tot de kop van de plant bij de draad was. Hierna werd de setpointtemperatuur 21/19 °C D/N. Na 22 april werd de nachttemperatuur 18,8 °C

Bij de start van de teelt is er gespoten met Vertimec. Plagen zijn verder biologisch bestreden. Later in de teelt is gespoten tegen meeldauw en Botrytis, zie ook bijlage 3. De voedingsoplossing was de standaardvoedingsoplossing voor komkommer. De pH werd zoveel mogelijk tussen de 5,5 en 6,0 gehouden en de EC op 3,5 à 4,0. Om de veertien dagen werd de voedingsoplossing uit de mat bemonsterd en zo nodig werd de voedingsoplossing veranderd.

### 2.2 KAS

De kas was een Venlowarenhuis met een hoogte van 2,8 m, opgedeeld in 24 afdelingen van elk 58 m<sup>2</sup>. De afdelingen maten 9,6 \* 6 m. De kas werd verwarmd met een ondernet, bestaande uit vier buizen per kap met een doorsnede van 51 mm. Er was geen groeibuis aanwezig. In elke afdeling werd zuiver CO<sub>2</sub> gedoseerd.

### 2.3 BEHANDELINGEN

Het onderzoek bestond uit zes behandelingen in viervoud. In alle behandelingen lag vanaf de start van de teelt een vast scherm van geperforeerd AC-folie. In vier behandelingen lag folie met gaatjes van 6 mm doorsnee op 20 \* 20 cm en de overige twee met gaatjes van 8 mm op 5 \* 5 cm. Het oppervlak aan gaatjes kwam overeen met een kier van 0,07, respectievelijk 2%.

De folie lag ongeveer 20 cm boven het gewas. Drie behandelingen, één met veel en twee met weinig perforatie, hadden een RV-grens van 95%. In één behandeling werd een minimumraamstand ingesteld. Het gewas van de zesde behandeling werd sterk gesnoeid om het effect hiervan op de vruchtkwaliteit te kunnen zien.

De behandelingen staan hieronder met code-aanduiding en uitleg wat de codes inhouden. In Bijlage 1 staat een plattegrond van de verdeling van de behandelingen over de kas.

VEEL	Veel perforatie
VEEL + RV	Veel perforatie en een RV-grens van 95%.
MIN VENT	Weinig perforatie en minimumventilatie
WEINIG	Weinig perforatie
WEINIG + RV	Weinig perforatie en een RV-grens van 95%.
SNOEI	Weinig perforatie, RV-grens 95% en sterke gewassnoei

### 2.3.1 Uitvoering van de behandelingen

De RV-grens werd gerealiseerd door extra te luchten. Zodra de RV tot een half procent beneden de grens gestegen was, dit is 94,5%, werden de ramen opengezet. Hierdoor werd extra vocht afgevoerd, waardoor de RV nauwelijks boven de 95% steeg. De maximale raamopening op vocht bedroeg 50%. Om onterecht luchten op vocht als gevolg van eventueel drooglopen van de natte bol te voorkomen, verviel het luchten op vocht bij een RV boven 98,8%. Zodra de buitentemperatuur gelijk aan of boven de 2 °C steeg, werd de minimumventilatie ingesteld volgens de hieronder beschreven wijze.

minimumventilatie =  $a + (b + c + d)$

waarbij a een constante minimum raamstand is en b, c en d achtereenvolgens de invloeden zijn van buitentemperatuur, windsnelheid en stralingsintensiteit met  $(b + c + d) > 0$ .

De instellingen waren:

- a minimumraamstand = 10%
- b drempelwaarde buitentemperatuur = 2 °C,  
raamstandverandering als gevolg van de buitentemperatuur = +10% per °C,  
maximale raamstandverandering als gevolg van de buitentemperatuur = +160%. Dat wil zeggen, de ramen gaan niet verder dan 160% open op temperatuur.
- c drempelwaarde windsnelheid = 4 m/s  
raamstandverandering als gevolg van de windsnelheid = -20% per m/s  
maximale raamstandverandering als gevolg van de windsnelheid = -200%, dit is gelijk aan dicht.
- d drempelwaarde lichtinvloed = 50 W/m<sup>2</sup>  
maximale raamstand = +200%  
raamstandverandering als gevolg van de straling = +0,1% per W/m<sup>2</sup>  
maximale raamstandverandering als gevolg van de straling = +100%

De begrenzing van de maximale raamstand was als volgt ingesteld:

- \* drempelwaarde windsnelheid = 3 m/s
- \* raamstandverandering als gevolg van de windsnelheid = -20% per m/s
- \* maximale raamstandverandering als gevolg van de windsnelheid = -200%

In de overige behandelingen werd alleen gelucht als de kastemperatuur boven de ventilatietemperatuur steeg en/of de RV boven de ingestelde RV-grens steeg.

#### *Snoei*

De zijranken werden gesnoeid volgens de Belgische methode. Dit hield in op vijf bladeren en daarna alle ranken op een blad. De overige behandelingen werden gesnoeid volgens de tot 1996 gangbare Nederlandse praktijk, namelijk zijranken snoeien tot halverwege draad en grond, en meer blad op de overige ranken.

De folie werd in alle afdelingen tegelijkertijd verwijderd op het moment dat aan één van de volgende voorwaarden was voldaan:

- Kastemperatuur minimaal drie uur boven 28 °C
- Weerverwachting voor de komende dagen boven 24 °C

Dit bleek op 15 april te zijn. Op 16 april werd de folie fors ingesneden en op 22

april aan het einde van de middag werd de folie uit de afdelingen verwijderd. De klimaatinstellingen werden toen voor alle afdelingen gelijk. Dat wil zeggen; geen minimumventilatie meer maar luchten als de temperatuur boven de setpoint-temperatuur kwam of als de RV boven 94,5% steeg.

## 2.4 KASKLIMAAT

Het kasklimaat werd per afdeling geregeld via het centrale computersysteem van het PBGN. De droge en natte bol, de temperatuur van de aanvoer en de retour en de raamstand werden iedere minuut gemeten. De eerste twee werden gebruikt om de RV en het vochtdeficit te berekenen. De CO<sub>2</sub>-concentratie werd elke vier minuten gemeten. Alle klimaatwaarnemingen werden per uur gemiddeld en opgeslagen. Tot begin maart stond er overdag een minimumbuis van 45 °C ingesteld. De ventilatielijn lag een 0,8 graad boven de stooklijn. Het setpoint voor CO<sub>2</sub> was 600 ppm met aanvankelijk een verlaging van 150 ppm op luchten.

## 2.5 BEREKENEN ENERGIEVERBRUIK

Het energieverbruik werd met behulp van onderstaande formules berekend. Het zijn dezelfde formules als eerder gebruikt werden (Bakker et al. 1994). De gemeten buis- en kasluchttemperatuur werden hiertoe omgezet in absolute graden Kelvin en vervolgens werd de warmteafgifte berekend via warmteoverdrachts-coëfficiënten van de buisrail van 1 m lengte (Stoffers, 1976; Nawrocki, 1985).

$$K_{\text{convectie}} \text{ (W/m}^2\text{K)} = c * ((T_{\text{buis}} - T_{\text{kas}})/(d * T_{\text{kas}}))^{0,25} \quad (1)$$

$$K_{\text{straling}} \text{ (W/m}^2\text{K)} = 2,077 * 10^{-7} * ((T_{\text{buis}} + T_{\text{kas}})/2)^3 \quad (2)$$

waarin: d de diameter van de buis is, hier = 0,051 m,

$T_{\text{buis}}$  = het gemiddelde van de temperatuur van de aanvoer- en de retourleiding van de afdeling in Kelvin,

$T_{\text{kas}}$  = de temperatuur in het midden van de afdeling in Kelvin,

en c de convectiecoëfficiënt, volgens Stoffers (1976)  $c = 6,52$

De totale warmteafgifte per m<sup>2</sup> werd vervolgens berekend via

$$Q \text{ (kWh)} = ( (K_{\text{convectie}} + K_{\text{straling}}) * A * (T_{\text{buis}} - T_{\text{kas}}) ) * 4/3,2 * 3600 \quad (3)$$

A is de oppervlakte van de buis,  $\pi * d * l = 3,14 * 0,051 * 1$  in m<sup>2</sup>

4/3,2; er liggen vier buizen per kap van 3,20 m breed.

3600; van seconde naar uur

Om te controleren of de getallen enigszins reëel waren, werd hieruit vervolgens het energieverbruik in m<sup>3</sup> aardgas berekend. Hierbij werd uitgegaan dat 1 m<sup>3</sup> aardgas 35,17 MJ levert en het ketelrendement inclusief condensor 0,9 is.

$$\text{Gasverbruik (m}^3\text{/m}^2\text{)} = (Q / 3517) / 0,9 \quad (4)$$

Het gasverbruik werd vervolgens gerelateerd aan de eerste behandeling met veel perforatie.

## 2.6 HET METEN VAN HET WATERVERBRUIK

Per afdeling werden de gift en de drain gemeten. Gift minus drain geeft het waterverbruik. Het waterverbruik is de gewasverdamping plus de toename van het versgewicht. Voorafgaand aan de teelt werden het watergift- en registratiesysteem per afdeling gecontroleerd. Aan de hand van de gemeten liters werd op de computer per afdeling een correctiefactor ingevoerd. Watergeven gebeurde met het watergeefrekenmodel van het PBG (R. de Graaf en L. Spaans, 1989). Het percentage drain werd op 33% van de gift ingesteld. In het model was geen aanpassing meegenomen voor het gebruik van een foliescherm. Alle afdelingen kregen daarom water volgens dezelfde uitgangspunten. Verschillen in waterbehoefte werden gecorrigeerd via de gemeten hoeveelheid drainwater.

## 2.7 WAARNEMINGEN

### *Oogst*

De twee middelste paden van elke afdeling vormden het proefveldje. Hier stonden 20 planten op 14,4 m<sup>2</sup>. Vanaf 16 februari werd drie maal per week geoogst. De vruchten werden ingedeeld in klasse 1, klasse 2 en stek en vervolgens geteld en gewogen. Elke oogstdatum werd per afdeling een standcijfer voor kleur gegeven. Hierbij is een tien zeer donkergroen, een zeven betekent goed van kleur en één is extreem licht (geel).

Om de drie weken werd de houdbaarheid bepaald. Per afdeling werden twaalf komkommers ingezet. Bij het inzetten kreeg elke vrucht een cijfer voor de kleur. Dit was volgens dezelfde indeling als bij de oogst.

### *Gewaswaarnemingen*

Eind januari werd de stamlengte van vijf planten in elke afdeling gemeten. Begin februari werd geteld hoeveel planten er per afdeling in bloei stonden. Tussen 11 en 15 maart werd de plantlengte gemeten, alsmede het aantal bladeren op stam en rank geteld. Nadat de folie uit de kas was gehaald, is één keer de stand van het gewas bepaald. Dit werd gedaan met cijfers tussen één en tien. Eén is zeer slecht en tien zeer goed, waarbij werd gelet op vitaliteit, gewaskleur, nieuwe vruchten, en bladstand.

### *Bladoppervlakte*

De oppervlakte van de stambladeren is geschat volgens onderstaande methode van Rijdsijk (1989).

$$\text{Bladoppervlakte} = 6,67 + 0,69425 * (\text{bladbreedte})^2$$

Met behulp van de aldus verkregen bladoppervlakte werd de LAI (hoeveelheid bladoppervlak per eenheid grondoppervlak) berekend, eveneens volgens Rijdsijk (1989).

$$\text{LAI} = \text{bladoppervlakte} * \text{aantal planten per m}^2.$$

Deze tijdrovende waarneming werd alleen in de behandelingen MIN VENT, WEINIG + RV en SNOEI uitgevoerd omdat bij deze behandelingen de grootste verschillen in bladoppervlak verwacht werden.



### ***Bolblad***

Elke week werd bolblad gescoord met onderstaande waardering.

- 0 = geen bolblad aan plant
- 1 = beginnend
- 2 = één krom blad
- 3 = meer dan twee kromme bladeren
- 4 = acht of meer kromme bladeren
- 5 = alle bladeren krom.

### ***Botrytis***

Op 6 mei werd op Botrytis gecontroleerd. De aantasting op ranken en stam werd apart genoteerd. Op de stam werd bijgehouden op welke knoop Botrytis voorkwam. Op de ranken werd genoteerd of Botrytis op een vrucht, vruchtsteel, bladsteel of de rank voorkwam. Deze waarnemingen zijn uitgevoerd op de buitenste tien planten van alle proefvelden. Na deze datum werd per afdeling bijgehouden hoeveel planten dood gingen aan Botrytis.

### 3. RESULTATEN

De proef is in twee perioden opgedeeld, periode 1 vanaf 11 januari tot en met 15 april, de laatste dag dat de folie nog heel was. De tweede periode loopt van 23 april tot en met 20 mei, de laatste vier weken zonder folie. De tussenliggende week, van 16 april tot en met 22 april wordt apart besproken.

#### 3.1 KASKLIMAAT

Het gerealiseerde kasklimaat van de beide perioden staat respectievelijk in Tabel 1 en 2. De overgangswEEK staat in Bijlage 2. Gedurende de gehele proef werden er geen betrouwbare verschillen in kasttemperatuur tussen de behandelingen gemeten. In de eerste periode verschilde de luchtvochtigheid. In de behandelingen met folie met veel gaatjes, en in de behandeling met minimumventilatie was de luchtvochtigheid lager dan in de overige behandelingen met folie met weinig gaatjes. Ook was er een verschil in CO<sub>2</sub>-concentratie. In de behandeling met minimumventilatie lag deze precies op het setpoint, in de overige daar iets boven. In de tweede periode waren de luchtvochtigheid en de CO<sub>2</sub>-concentratie in alle behandelingen gelijk.

Tabel 1- Kasklimaat periode 1 van 11/1 tot en met 15/4

	temp °C		RV		CO2 ppm		
	dag	nacht	etmaal	dag	nacht	etmaal	dag
VEEL	22,0	19,2	20,6	79,7 b	72,6 b	75,8 b	642 a
VEEL + RV	21,9	19,2	20,5	78,5 b	71,2 b	74,6 b	633 a
MIN VENT	21,9	19,2	20,5	79,4 b	71,6 b	75,2 b	600 b
WEINIG	22,0	19,2	20,6	83,4 a	78,3 a	80,6 a	638 a
WEINIG + RV	22,1	19,2	20,7	83,7 a	78,9 a	81,0 a	633 a
SNOEI	22,2	19,2	20,7	84,5 a	79,9 a	82,0 a	626 a

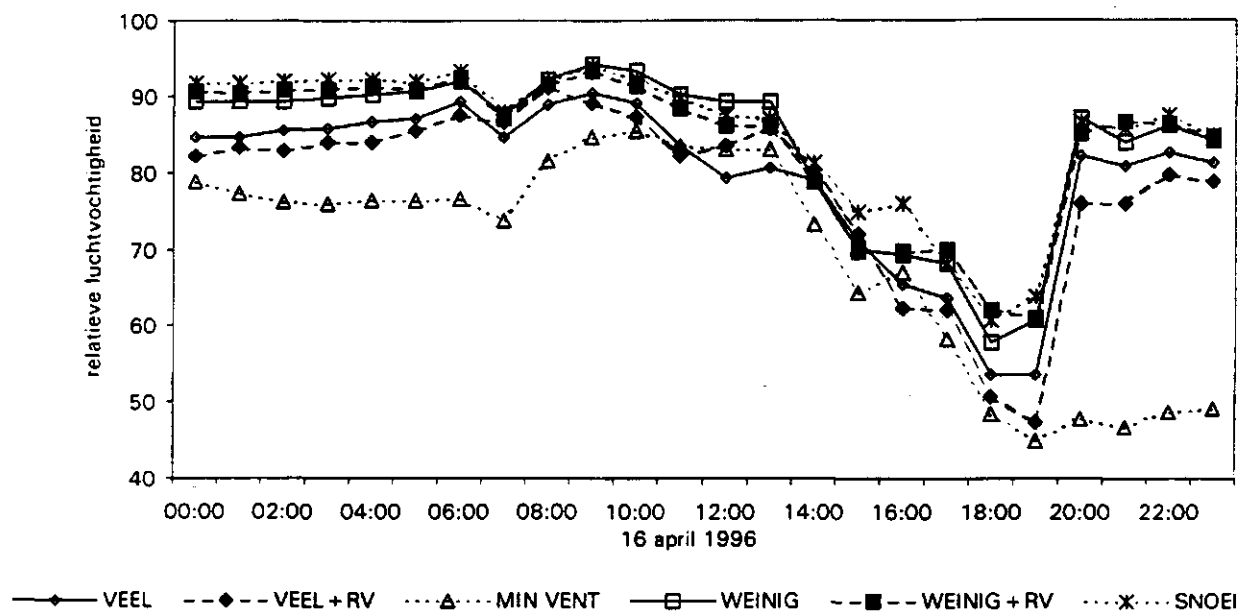
Getallen met verschillende letters verschillen significant;  $p = 0,05$

Tabel 2- Kasklimaat van 23/4 tot en met 20/5

	temp			RV			CO2
	dag	nacht	etmaal	dag	nacht	etmaal	dag
VEEL	21,6	18,5	20,5	71,9	78,9	74,3	624
VEEL + RV	21,6	18,5	20,5	71,2	78,0	73,5	628
MIN VENT	21,6	18,5	20,5	72,0	78,8	74,3	617
WEINIG	21,6	18,5	20,5	71,7	78,0	73,9	629
WEINIG + RV	21,6	18,5	20,5	71,7	78,7	74,1	632
SNOEI	21,6	18,5	20,5	72,4	79,1	74,7	617

De verschillen tussen de behandelingen waren niet significant;  $p = 0,05$

Onder de folie was de RV overdag hoger dan 's nachts. Nadat de folie gesneden was, werd dit omgekeerd. Direct na het snijden zakte de luchtvochtigheid fors, zoals in Figuur 1 te zien is. Aan het eind van de middag van 16 april was de RV 30 tot 40% gedaald. 's Nachts steeg de RV weer, maar werd niet meer zo hoog als onder het ongesneden folie. Alleen de RV van MIN VENT bleef 's nachts significant lager dan de overige behandelingen. Onder de folie met veel gaatjes bleef de RV iets lager dan onder die met weinig gaatjes, maar dit verschil was niet significant. Het verwijderen van de folie leidde niet meer tot veranderingen in het kasklimaat.



Figuur 1- Het verloop van de luchtvochtigheid rond het snijden van de folie op 16 april

### 3.2 ENERGIE- EN WATERVERBRUIK

Het verschil in raamopening in de eerste periode tussen MIN VENT en de overige behandelingen was significant, zie ook Tabel 3. In de behandelingen met weinig perforatie is iets meer gelucht dan in die met veel perforatie. De behandeling MIN VENT en VEEL + RV hadden in de eerste periode ten opzichte van de andere vier behandelingen een iets hogere buistemperatuur. Het verschil was alleen significant tussen MIN VENT enerzijds en WEINIG en WEINIG + RV anderzijds. Dit resulteerde uiteindelijk in een iets hoger energieverbruik, zie Tabel 3.

In de laatste periode (Tabel 4) waren er geen betrouwbare verschillen. In de tussentijdse week is er veel gelucht. Gemiddeld stonden de ramen bij MIN VENT 125% open en bij de overige behandelingen circa 70%. De buistemperatuur van MIN VENT was hoger dan alle andere behandelingen en het energieverbruik was bijna twee keer zo hoog in deze week.

De gegevens van deze week staan in Bijlage 2.

**Tabel 3-** Buistemperatuur, relatieve energie- en waterverbruik per etmaal en raamstanden periode 1 van 11/1 tot en met 15/4

	dag	Buis °C nacht	Etmaal	Energie- verbruik relatief	Water- verbruik relatief	raamstand % etmaal
VEEL	40,8 ab	43,1 ab	41,9 ab	100	100	14,2 e
VEEL + RV	42,2 ab	44,4 ab	43,2 ab	106	113	15,2 de
MIN VENT	42,6 a	45,0 a	43,6 a	107	101	33,5 a
WEINIG	40,3 b	42,1 b	41,1 b	97	89	16,7 cd
WEINIG + RV	40,3 b	42,4 b	41,2 b	97	95	18,6 bc
SNOEI	40,7 ab	42,5 b	41,5 ab	98	83	19,1 b

Getallen met verschillende letters verschillen significant;  $p = 0,05$

Er was soms een forse spreiding in het waterverbruik binnen een behandeling. Dit werd deels veroorzaakt door technische storingen in het watersysteem. Als gevolg hiervan kan slechts zeer beperkt een uitspraak over de statistische betrouwbaarheid van het waterverbruik gedaan worden. Alleen het verschil in waterverbruik tussen SNOEI en VEEL + RV was betrouwbaar. De verschillen in waterverbruik waren over het algemeen klein, alleen VEEL + RV verbruikte alle perioden meer water. Het verschil in waterverbruik tussen VEEL en VEEL + RV is nagenoeg constant gebleven.

**Tabel 4-** Buistemperatuur, relatieve energie- en waterverbruik per etmaal en raamstanden periode 2 van 23/4 tot en met 20/5

	dag	buis °C nacht	etmaal	energiege- bruik rela- tief	water- verbruik mm	raamstand etmaal
VEEL	35,0	40,7	37,0	100	100	15,3
VEEL + RV	36,2	41,2	37,9	106	111	16,6
MIN VENT	35,9	42,4	38,1	109	105	15,5
WEINIG	35,4	40,3	37,1	98	104	15,8
WEINIG + RV	35,7	41,2	37,6	99	106	16,0
SNOEI	35,9	41,9	38,0	100	98	15,5

De verschillen zijn niet significant;  $p = 0,05$

### 3.3 PRODUCTIE EN KWALITEIT

In Tabel 5 staan de belangrijkste oogstwaarnemingen. De totale productie verschilde niet significant tussen de behandelingen. Wel was er een klein verschil in kilo's klasse 1. WEINIG bleef iets achter bij VEEL en VEEL + RV. In de eerste periode produceerde WEINIG minder klasse 1 dan VEEL en MIN VENT.

SNOEI gaf de eerste periode minder stuks en kilo's klasse 1 en minder totale kilo's. Na het snijden van de folie trok dit bij en werd de productie uiteindelijk hoger dan van WEINIG. In de eerste periode was er geen verschil in percentage klasse 1, in de tweede periode wel. WEINIG had een lager percentage (67%) klasse 1 dan VEEL + RV en MIN VENT (74%). Over de totale teelt was er geen verschil in percentage.

**Tabel 5-** Totale teeltperiode; productiegegevens per m<sup>2</sup>.

	kg totaal	kg klasse 1	stuks kl 1	gvg klasse 1	% klasse 1
VEEL	24.76	20,18 a	49	408	81,5
VEEL + RV	24.75	20,38 a	49	413	82,3
MIN VENT	24.18	19,89 ab	48	413	82,3
WEINIG	23.41	18,48 b	46	404	78,9
WEINIG + RV	24.49	19,87 ab	49	405	81,1
SNOEI	23.83	19,02 ab	46	414	79,8

Getallen met verschillende letters verschillen significant;  $p = 0,05$

In de eerste weken van de teelt verschilde de houdbaarheid niet; ze was bij alle behandelingen goed. In maart werd de houdbaarheid over alle behandelingen minder goed. In april ontstonden kleine verschillen in kleur, zie Tabel 6, maar de houdbaarheid verschilde niet. De laatste week van de teelt waren de kleur en de houdbaarheid van alle behandelingen goed.

**Tabel 6-** Kleur bij inzet en de houdbaarheid (houdbh) in dagen van vier inzetdata.

	28/2		20/3		10/4		15/5	
	kleur	houdbh	kleur	houdbh	kleur	houdbh	kleur	houdbh
VEEL	6,6	15,9	6,8	13,4	6,7 b	13,3	7,2	18,3
VEEL + RV	6,5	16,9	6,7	12,2	6,7 b	13,9	7,0	19,0
MIN VENT	6,5	16,2	6,8	13,4	6,7 b	13,7	7,0	19,1
WEINIG	6,5	16,2	6,8	13,1	6,9 ab	14,7	7,2	19,1
WEINIG + RV	6,6	16,5	6,8	13,8	7,0 ab	13,6	7,2	18,3
SNOEI	6,6	14,6	7,0	14,6	7,1 a	13,6	7,0	19,0

Getallen met verschillende letters verschillen significant;  $p = 0,05$

### 3.4 GEWASGROEI

In de eerste weken van de teelt ontstonden opmerkelijke lengteverschillen tussen de diverse afdelingen, gevolgd door verschillen in bloei. Het verschil tussen de langste en de kortste planten bedroeg 33 cm. De verst ontwikkelde afdeling stond voor de helft in bloei toen de laatste afdeling met bloeien begon. Ook waren er

verschillen in gewasontwikkeling. De verschillen hingen niet samen met een behandeling. In Bijlage 4 staan de gegevens van de gewasgroei tot begin februari. De plantgegevens van maart staan in Tabel 7. Alle planten waren op deze datum voorbij de draad gegroeid en getopt. Het aantal bladeren en de lengte van de internodiën verschilden niet significant. WEINIG en WEINIG + RV hadden meer bolblad dan de overige behandelingen. De berekende Leaf Area Index voor MIN VENT, WEINIG + RV en SNOEI bedroeg respectievelijk 2,1, 2,0 en 1,95.

**Tabel 7-** Plantlengte, aantal bladeren op stam en ranken, gemiddelde internodiënlengte en het standcijfer voor bolblad in de periode van 11 t/m 15 maart 1996

behandeling	plantlengte (cm)	aantal bladeren		internodiënlengte (cm)		bolblad 0-5
		stam	rank	stam	rank	
VEEL	185	17,0	12,2	10,9	16,7	2.1
VEEL + RV	183	17,2	12,7	10,7	16,7	2.0
MIN VENT	186	17,5	11,9	10,7	16,9	2.3
WEINIG	185	17,0	12,0	10,8	17,3	3.1
WEINIG + RV	187	17,2	12,4	10,9	16,9	2.9
SNOEI	186	17,1	10,1	10,9	17,0	2.2

Geen significante verschillen

De gewasstand werd snel na het verwijderen van de folie slecht. Begin mei scoorden slechts twee afdelingen een voldoende. De gemiddelde waardering voor de gewasstand staat in Tabel 8. In deze tabel staan ook de resultaten van de Botrytis-aantasting. De verschillen zijn niet significant. Binnen een behandeling zijn de verschillen veel groter dan tussen de behandelingen.

**Tabel 8-** Gemiddeld aantal Botrytisplekken op stengel en ranken op 6 mei en het gemiddeld aantal dode planten als gevolg van Botrytis op 20 mei, alsmede het standcijfer van 4 mei

behandeling	6 mei		20 mei	4 mei
	rank	stengel	dode planten	standcijfer gewas
VEEL	0.85	0.20	2.3	4,8
VEEL + RV	0.83	0.23	3.3	5,4
MIN VENT	0.33	0.08	0.8	5,5
WEINIG	1.14	0.55	5.0	4,5
WEINIG + RV	0.83	0.53	7.8	4,7
SNOEI	0.83	0.40	3.5	4,6

## **4. DISCUSSIE**

### **4.1 KASKLIMAAT**

In de eerste periode heeft de instelling van een RV-grens er niet toe geleid dat er ten opzichte van de behandeling zonder grens meer gelucht is. VEEL + RV versus VEEL en WEINIG + RV ten opzichte van WEINIG verschilden onderling niet significant in raamstand en ook niet in gemiddelde luchtvochtigheid. In de behandelingen met weinig perforatie is wel wat meer gelucht dan in die met veel perforatie. Conform de verwachtingen is het meest gelucht in de behandeling met minimumventilatie. Toch was het verschil kleiner dan verwacht was. In de eerste maanden van 1996 vroom het regelmatig. Dit had tot gevolg dat de ramen bij MIN VENT minder vaak open gingen dan was ingeschat. In januari bleven de ramen veertien etmalen dicht liggen, in februari nog zeven etmalen. De overige dagen kon er overdag gelucht worden, maar 's nachts nog niet. Pas na half maart was de vorst volledig uit de lucht. De verschillen in raamstand tussen MIN VENT en de overige behandelingen zijn hierdoor kleiner dan van tevoren was ingeschat en daardoor ook de verschillen in luchtvochtigheid. Als gevolg van het weinig extra luchten bij MIN VENT was de luchtvochtigheid iets lager dan van de overige behandelingen met weinig gaatjes, en gelijk aan die met veel perforatie. Het extreme buitenklimaat, met een lage luchtvochtigheid, is er ongetwijfeld ook de oorzaak van de RV minder snel hoog opliep. Eerst begin maart kwam de RV incidenteel boven 95% uit.

De corridorgevels waren regelmatig beslagen, waardoor water uit de kaslucht afgevoerd werd. In de winter en het vroege voorjaar is condens vaak de belangrijkste afvoer van vocht (Bakker et al., 1993). Dit betekent dat het realiseren van een heel hoge luchtvochtigheid in deze kleine kassen moeilijk wordt, omdat dan ook condensvorming op gevels moet worden voorkomen. Dit kan door isolatie van de gevels, wat lichtverlies inhoudt of door het opstoken van de corridor, wat technisch niet realiseerbaar is en bovendien veel energie kost. Het snijden van de folie leidde tot een forse daling van de luchtvochtigheid omdat uitwisseling van vocht met buitenlucht en kasdek mogelijk werd. De kasttemperatuur bleef overdag nog wel hoog, maar was al lager dan onder de intacte folie. Pas nadat de folie volledig verwijderd was, kon de kasttemperatuur ook overdag rond het setpoint worden beheerst. Dat de afvoer van vocht sneller verliep dan de afvoer van warmte bleek ook uit het feit dat de buistemperatuur pas steeg nadat de folie was verwijderd.

### **4.2 PRODUCTIE**

De behandeling SNOEI leverde in de eerste periode significant minder totale productie op, en ook kilo's en stuks klasse 1 waren minder. Dit kwam omdat in SNOEI sterker gesnoeid was, waardoor er minder oksels beschikbaar waren om vruchten uit te laten groeien. De kwaliteit verschilde deze periode niet. Janse (1995) vond dat sterke gewassnoei een betere kleur en een iets langere houdbaarheid opleverde. In deze proef kwam dat niet tot uiting, hoewel de snoei vrij extreem was geweest, volgens Janse de voorwaarde om effect te zien. De behandeling SNOEI was opgenomen om te zien of de goede kwaliteit van 1995 veroorzaakt werd door de ongebruikelijk sterke snoei in dat jaar. Op grond van de bevindingen van dit jaar kan worden gesteld dat de snoei niet de oorzaak is van de

goede kwaliteit in 1995. Schreuder (1988) en Bakker (1991) vonden dat met name de kleur van de vruchten achteruit ging bij hoge luchtvochtigheid, maar de kleur en kwaliteit bleven in 1996 goed. Een hoge luchtvochtigheid bleek even als in 1995 niet nadelig voor de kwaliteit.

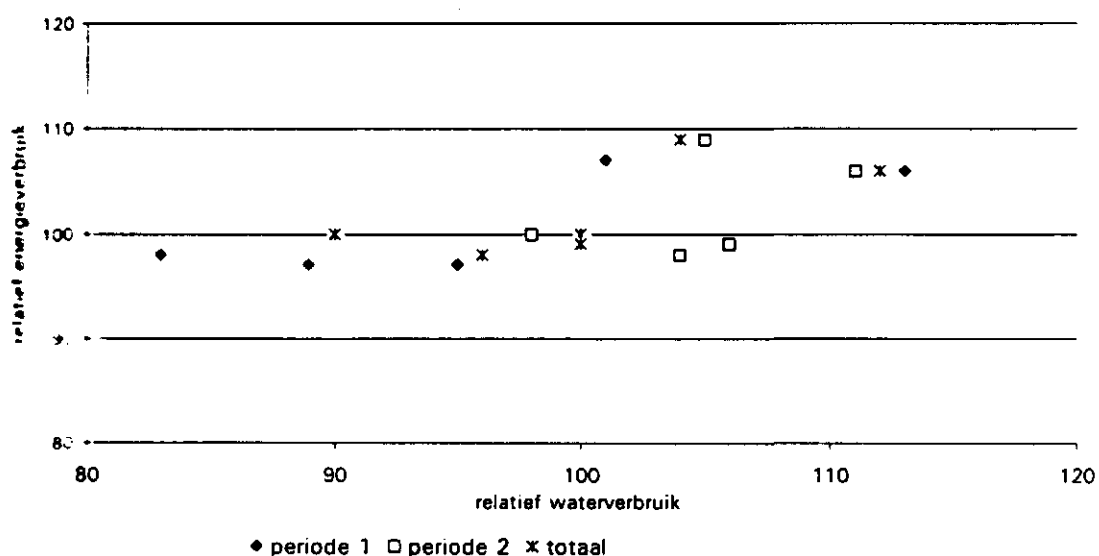
De behaalde totaal-productie van 24 kg/m<sup>2</sup> is vergelijkbaar met de praktijk. Bij dezelfde plantdatum werd tot week 19 gemiddeld een productie van 23 kg/m<sup>2</sup> behaald (Voogt, pers. med.). Uit een DLV opbrengstregistratie bleek dat veertien bedrijven met een gemiddelde zaaidatum van 7 december, dus een week eerder, tot en met week 20 25 kg/m<sup>2</sup> produceerden (Van Adrichem, pers. med).

#### 4.3 ENERGIE- EN WATERVERBRUIK

De 'droge' behandelingen hebben in periode 1 meer water verbruikt dan de 'natte'. Dit komt overeen met eerdere bevindingen dat een hogere luchtvochtigheid bij verder identieke omstandigheden als instraling en kasttemperatuur de verdamping remt ten opzichte van een lagere luchtvochtigheid.

In de eerste periode verbruikten VEEL + RV en WEINIG + RV beide iets meer water dan respectievelijk VEEL en WEINIG. Het lijkt er op dat het instellen van een RV-grens het waterverbruik iets stimuleert, ware het niet dat het verschil in waterverbruik tussen VEEL en VEEL + RV bleef bestaan, ook nadat het verschil in RV-grens was opgeheven.

De behandelingen met een lage productie in de eerste periode hadden ook een lager waterverbruik. In periode 2 was dit niet meer zo duidelijk. Het waterverbruik nam na het snijden toe, gemiddeld met 1 mm/m<sup>2</sup> per dag. Het waterverbruik steeg niet verder nadat het scherm verwijderd was. De beperking van de verdamping door het scherm werd al opgeheven als de kier in het scherm te groot werd. Dit kwam overeen met de effecten die het snijden en verwijderen op de luchtvochtigheid had. Er is geen verband tussen het water- en het energieverbruik, zoals in Figuur 2 te zien is. Het energieverbruik verschilde alleen in de overgangswEEK significant tussen MIN VENT en de andere vijf behandelingen.



Figuur 2- Het verband tussen het relatieve water- en energieverbruik in 1996



#### 4.4 GEWASGROEI

Hoewel de gevonden groei- en ontwikkelingsverschillen in het begin van de teelt wezen op verschillen in temperatuur, was dit niet terug te vinden in de gerealiseerde kas- en buistemperaturen. Meten van de kastemperatuur met behulp van waterbuisjes gaf in een aantal afdelingen wel een verschil met de meetbox. Hoewel deze verschillen soms meer dan een graad Celsius bedroegen, was er geen verband met de gevonden groeiverschillen. De verschillen in ontwikkeling bleken voor een groot deel samen te hangen met de positie van de afdeling in de kas. De afdelingen aan de zuidwestzijde van elk blok van vier afdelingen bleken verder in groei en ontwikkeling dan die aan de zuidoostzijde, terwijl de verschillen tussen noordwest en noordoost veel geringer waren. Waarschijnlijk is dit veroorzaakt door het extreme januariweer, met een harde oostenwind en veel zonnige dagen. Nadat het buitenklimaat wat gematigder werd, namen de verschillen af. Begin maart was er weinig terug te vinden van de aanvankelijk grote verschillen. Bolblad kwam weliswaar voor, maar minder sterk dan verwacht. Het gekozen ras Odessa stond bekend als gevoelig voor bolblad (Hoogendonk, pers. med.), maar alleen in WEINIG en WEINIG + RV was de aantasting groter dan één blad per plant. Bolblad ontstaat door Calciumgebrek als gevolg van een te lage verdamping (Bakker et al., 1993). De lage score op bolblad duidt erop dat de verdamping niet te sterk beperkt is geweest.

De overgang van teelt onder folie naar teelt zonder folie bleek te groot. De eerste twee weken na het snijden stond het gewas er nog goed bij, maar daarna stortte het volledig in. Kort na het verwijderen van de folie werd er fors gesnoeid. Mede hierdoor was er nauwelijks nieuw gewas na het verwijderen van de folie. Het herstel duurde lang.

#### 4.5 BOTRYTIS

Hoewel de verschillen in Botrytisaantasting niet significant waren, lijkt het erop dat de behandeling met een hogere luchtvochtigheid onder de folie naderhand iets meer Botrytisplekken hadden. In deze drie behandelingen, WEINIG, WEINIG + RV en SNOEI leek de uitval door deze ziekte ook hoger. De aantasting bij MIN VENT was lager dan bij de overige behandelingen. Het aantal plekken en dode planten was echter zo laag dat het moeilijk is een betrouwbare uitspraak te doen. Daarvoor waren de verschillen binnen een behandeling ook te groot. Het grote aantal dode planten in behandeling WEINIG + RV komt door afdeling 4, waar 28 planten Botrytis niet overleefden, terwijl twee andere herhalingen geen enkele uitval hadden. De waarnemingen zijn niet in tegenspraak met de bevinding van 1995 dat een hoge luchtvochtigheid in het begin van de teelt, gevolgd door een lagere luchtvochtigheid in het tweede deel van de teelt, tot meer uitval door Botrytis leidt (De Koning, 1996). Er was geen verband tussen Botrytis en de groeiverschillen in het begin van de proef.

## 5. CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN

### *Conclusies*

- \* Net als in de proef van 1995 heeft de hoge luchtvochtigheid geen invloed gehad op de productie, kleur en houdbaarheid van komkommer. Bij een hoge relatieve luchtvochtigheid kan dus een hoge productie van goede kwaliteit behaald worden.
- \* Een foliescherm kan bij komkommer zonder problemen langer blijven liggen dan nu gebruikelijk is.
- \* De verdamping is minder sterk geremd dan voor een beperking van de groei noodzakelijk is. Onder andere de geringe bolbladaantasting duidt hierop. Een verdere beperking van de verdamping is niet te realiseren zonder teeltomstandigheden toe te passen die niets meer met een praktijkteelt van doen hebben.

### *Aanbevelingen*

Eén van de doelstellingen van het project, namelijk het kijken of een periode van tijdelijk te lage verdamping gecompenseerd kan worden door een sterkere verdamping in een volgende periode, blijkt onuitvoerbaar. Immers, het is vier jaar niet gelukt om de verdamping zodanig te beperken dat ook daadwerkelijk de plant en de productie hier nadelen van ondervonden. Het heeft weinig zin om in het vijfde en laatste jaar hier nog verder aandacht aan te besteden.

Het vijfde jaar zou benut moeten worden om een oplossing voor de praktische problemen die zich nu voordoen bij een langer geschermd teelt te vinden. Het verwijderen van het scherm leidde tot instorten van het gewas. Daarom dient gezocht te worden naar een methode om het scherm zo te verwijderen dat het gewas er geen hinder van ondervindt.

Voorts moet de methode om te hoge luchtvochtigheid te voorkomen en daarmee de kans op Botrytis te verkleinen, nader worden uitgediept.

De energiebesparing ten opzichte van een praktijkteelt is moeilijk uit te rekenen omdat er geen vergelijkbare praktijkteelten zijn. In het laatste jaar zou hier aandacht aan besteed kunnen worden door een ongeschermd teelt te vergelijken met een langdurig geschermd teelt.

## LITERATUUR

- Bakker, J.C., 1991. Analysis of humidity effects on growth and production of glasshouse fruit vegetables. Dissertatie Landbouwniversiteit Wageningen.
- Bakker, J.C., et al., 1994. Onderzoek minimale transpiratie in relatie tot energieverbruik, produktie en kwaliteit van glastuinbouwgewassen. Verslag tweede experiment, Proefstation voor Tuinbouw onder Glas.
- Janse, J., 1995. Ras weegt zwaar bij houdbaarheid. Groenten + Fruit/Glasgroenten 49, p 18-19
- Koning, A. de, 1995. Stimuleren verdamping niet altijd nodig. Groenten + Fruit/Glasgroenten 44, 14-15
- Koning, A.N.M. de, 1996. Minimale transpiratie in relatie tot energieverbruik, produktie en kwaliteit van glastuinbouwgewassen. Verslag derde experiment, Proefstation voor Bloemisterij en Glasgroente, intern verslag nr. 31.
- Nawrocki, K. R. 1985. Meting warmteoverdrachtscoëfficiënt voor convectie van verwarmingspijpen in kassen. IMAG rapport 73.
- Rijsdijk, T. et al, 1989. Optimalisatie CO<sub>2</sub>-dosering, Intern verslag nr. 4 Proefstation voor Tuinbouw onder Glas.
- Schreuder, R.G., 1988 Lager vochtdeficit geeft een beter produkt. Tuinderij p 41
- Stoffers, J. A. 1976. Heat transfer measurements in screened greenhouses. Proc. Symp. on Technical and Physical Aspects of Energy Saving in Greenhouses, Karlsruhe 35-37

## BIJLAGE 1. Plattegrond van de kas

B1	1 VEEL	5 WEINIG +RV	9 WEINIG	13 SNOEI	17 VEEL +RV	21 MIN VENT
B2	2 SNOEI	6 WEINIG	10 MIN VENT	14 VEEL	18 VEEL +RV	22 WEINIG +RV
B3	3 MIN VENT	7 SNOEI	11 VEEL +RV	15 WEINIG +RV	19 VEEL	23 WEINIG
B4	4 WEINIG +RV	8 VEEL	12 WEINIG	16 MIN VENT	20 SNOEI	24 VEEL +RV

## BIJLAGE 2. Kasklimaat en buistemperaturen van de overgangswEEK

**Tabel B1-** Kasklimaat periode 2 van 16/4 tot en met 22/4

	temp dag	° C nacht	etmaal	dag	rv nacht	etmaal	CO2 ppm dag
VEEL	23,2	19,2	21,7	67,5 c	79,5 bc	71,7 b	604 abc
VEEL + RV	23,4	19,3	21,8	67,8 bc	76,7 c	71,1 b	623 a
MIN RAAM	23,4	19,1	21,8	60,3 d	65,3 d	61,8 c	581 c
WEINIG	23,2	19,2	21,7	70,3 a	81,7 ab	74,4 a	620 ab
WEINIG + RV	23,4	19,2	21,8	69,6 ab	83,1 a	74,3 a	624 a
SNOEI	23,3	19,2	21,8	69,8 a	81,7 ab	74,2 a	591 bc

Getallen met verschillende letters verschillen significant;  $p = 0,05$

**Tabel B2-** Buistemperatuur, relatieve energie- en waterverbruik per etmaal en raamstanden periode 16/4 tot en met 22/4

	dag	buis °C nacht	etmaal	energie- verbruik etmaal	water- verbruik mm	raamstand % etmaal
VEEL	31,7 c	29,3 c	30,8 c	100	100	68,2 b
VEEL + RV	33,3 b	31,5 b	32,6 b	121	111	72,1 b
MIN RAAM	36,8 a	38,6 a	37,5 a	188	111	125,0 a
WEINIG	32,3 bc	30,5 bc	31,6 bc	111	98	67,0 b
WEINIG + RV	32,2 bc	30,1 bc	31,4 bc	107	102	70,5 b
SNOEI	32,7 bc	31,6 b	32,3 bc	118	96	70,1 b

Getallen met verschillende letters verschillen significant;  $p = 0,05$

### **BIJLAGE 3. Overzicht van de bespuitingen**

<b>datum</b>	<b>middel</b>	<b>tegen</b>
18 januari	Vertimec	om schoon te beginnen
10 april	Fungaflor	Meeldauw
20 april	Nimrod	Meeldauw
14 mei	Fungaflor Eupareen	Meeldauw Botrytis

## BIJLAGE 4. Gewasgroei aan het begin van de teelt

Plantlengte (cm) per behandeling op 29 januari 1996

		Gemiddeld
VEEL	145, 142, 143, 134	141
VEEL + RV	135, 148, 123, 134	135
MIN VENT	133, 150, 140, 133	139
WEINIG	145, 140, 140, 149	144
WEINIG + RV	144, 141, 127, 153	141
SNOEI	132, 156, 145, 156	147

Bloeiende planten per behandeling op 6 februari 1996

		Gemiddeld
VEEL	15, 10, 4, 5	8,5
VEEL + RV	6, 11, 9, 1	6,8
MIN VENT	5, 17, 12, 3	9,3
WEINIG	9, 8, 4, 15	9
WEINIG + RV	14, 6, 0, 5	6,3
SNOEI	9, 27, 12, 21	17,3

N.b de snoeibehandeling startte pas nadat de planten de draad bereikt hadden, dit is na 6 februari.

Plantlengte verdeeld over de kas

NOORD						
145	144	145	132	135	133	blok 1 plantlengte in cm 139
156	140	150	142	148	141	blok 2 146
140	145	123	127	143	140	blok 3 136
153	134	149	133	156	134	blok 4 143

ZUID

Bloei verdeeld over de kas

15	14	9	9	6	5	aantal bloeiende planten
27	8	17	10	11	6	aantal bloeiende planten
12	12	9	0	4	4	aantal bloeiende planten
24 fors	5 iel	15 fors	3 iel	21 fors	1 iel	aantal bloeiende planten gewasstand