

A
og
K
73

Proefstation voor Bloemisterij en Glasgroente
Vestiging Naaldwijk
Kruisbroekweg 5, 2670 AA Naaldwijk
Tel. 0174-636700

MINIMALE TRANSPIRATIE IN RELATIE TOT ENERGIEVERBRUIK, PRODUKTIE EN KWALITEIT VAN GLASTUINBOUWGEWASSEN

*Verslag derde experiment (1995): Effecten van verschillende
luchtvochtigheidsnivo's op de produktie en kwaliteit van komkommer*

Project 2302

A.N.M. de Koning
R. de Graaf
J. Janse
A.J. Dik

Naaldwijk, februari 1996

Intern verslag 31



2204385

INHOUD

Voorwoord	4
Samenvatting	5
1. INLEIDING	7
2. MATERIAAL EN METHODE	8
2.1 Kasoutillage en behandelingen	8
2.2 Teeltsysteem en gewas	8
2.3 Klimaatmetingen en -regeling	9
2.4 Teeltmaatregelen en voeding	10
2.5 Waarnemingen	10
3. RESULTATEN	11
3.1 Klimaat	11
3.2 Waterverbruik	13
3.3 Produktie en kwaliteit	14
3.4 Gewas	16
4. DISCUSSIE	17
4.1 Periode I	17
4.2 Periode II	17
4.3 Voortzetting van het onderzoek	18
5. CONCLUSIES	19
6. LITERATUUR	20
BIJLAGEN	
I Figuren	
II Overzicht van bespuitingen	
III Bestanden	
IV Proefopzet voorjaar 1996	

VOORWOORD

Dit verslag beschrijft het derde experiment van een onderzoeksproject gericht op het terugdringen van het directe energieverbruik in de glastuinbouw. Doel van het project is het vastleggen van de verbanden tussen transpiratie(som), energieverbruik, produktie en kwaliteit bij glastuinbouwgewassen. Het onderzoek wordt mede gefinancierd door de NOVEM en het Nutsbedrijf Westland.

De resultaten van de twee voorgaande experimenten (1993 en 1994), beiden met het gewas tomaat, zijn reeds eerder vastgelegd. Het in dit verslag beschreven derde experiment werd uitgevoerd in het voorjaar van 1995 met het gewas komkommer.

De proef werd uitgevoerd door Rein de Graaf, Jan Janse, Aleid Dik, Jos van Hal (stagiair H.A.S. 's Hertogenbosch) Silvia Hofland en Ad de Koning.

A.N.M. de Koning (projectleider/onderzoeker)

SAMENVATTING

Van januari tot en met mei 1995 is het derde experiment uitgevoerd in het kader van het project minimale transpiratiebehoefte in relatie tot het energieverbruik, produktie en kwaliteit van glastuinbouwgewassen. De doelstelling van dit project is het vaststellen van de minimaal noodzakelijke transpiratie voor een kwalitatief goede produktie en het kwantificeren van de relatie tussen gewastranspiratie en produktie en kwaliteit. Het doel van deze proef was gericht op het vaststellen van een mogelijk verband tussen waterverbruik en produktie van komkommer. Om zeer hoge luchtvochtigheid en hierdoor lage verdamping te bereiken werd het gewas onder een vast foliescherm geteeld. De behandelingen hadden tot doel verschillen in verdamping te bewerkstelligen. Hiervoor werden drie verschillende perforaties in de folie gecombineerd met wel of geen minimumventilatie boven het scherm. Zodoende waren er zes behandelingen in vier herhalingen. Begin april bleek het niet langer mogelijk om voldoende lage temperatuur onder het vaste scherm te realiseren en is de folie verwijderd. Vanaf dat moment zijn de klimaatinstellingen zodanig veranderd dat er alleen nog verschillen waren in de hoeveelheid minimumventilatie.

Het onderzoek is uitgevoerd met het ras Ventura met plantdatum 12 januari 1995. De kastemperatuur en CO₂ concentratie werden voor alle afdelingen gelijk gehouden. Het waterverbruik per afdeling werd bepaald door de watergift en de drain te meten. Tijdens de periode met scherm lag de gemiddelde luchtvochtigheid tussen 89 en 71% of een vochtdeficiet van 0,60 tot 0,22 kPa. Het relatieve energieverbruik is geschat uit metingen van buis- en kasluchttemperatuur. De behandelingen resulteerden in duidelijke verschillen in energie- en waterverbruik (tot 5 april resp. 39 en 36%). Tijdens de schermperiode gaf 10% extra energieverbruik 7% meer waterverbruik. In voorgaand onderzoek (1993 en 1994 met tomaat) bleek de inzet van extra energie beduidend minder effectief t.a.v. het stimuleren van de verdamping. Waarschijnlijk is de zeer hoge luchtvochtigheid en het lage energieverbruik bij gebruik van het scherm in deze proef de oorzaak van de verschillen tussen de opeenvolgende proeven.

De verschillende behandelingen hadden geen verschillen in gewasontwikkeling tot gevolg. De planten in behandelingen met de minste verdamping hadden veel bolblad (Ca-gebrek in het blad) maar dit leidde niet tot verschillen in produktie. Bovendien was het produktienivo relatief hoog. De kleur en houdbaarheid waren voor alle behandelingen gelijk en ruim voldoende. Een hoge luchtvochtigheid tijdens de schermperiode (januari tot en met maart) resulteerde in meer aantasting van Botrytis maar pas na het verwijderen van het scherm in april vielen er planten uit. Opmerkelijk was bovendien dat na gelijk klimaat in januari tot en met maart er meer planten door Botrytisaantasting stierven bij een lage dan bij een hoge luchtvochtigheid in april. Behandelingen met veel uitval hadden in april en mei een lage produktie.

In de maanden april en mei werd de hoogste produktie bereikt bij de behandeling met de hoogste luchtvochtigheid (78%, 0,5 kPa). Ook in deze periode werd geen effect van de behandelingen op de kwaliteit waargenomen.

1. INLEIDING

Het gebruik van de verwarming gelijktijdig met het open zijn van de luchtramen is in de glastuinbouw heel gebruikelijk. Hierdoor wordt de luchtvochtigheid van de kaslucht verlaagd om o.a. de verdamping te bevorderen. Dit z.g. "droogstoken" is verantwoordelijk voor ongeveer 10 tot 15% van het totale jaarlijkse energieverbruik (Rijdsijk, pers.com.). De noodzaak van het bevorderen van de verdamping is tot nu toe nog onvoldoende onderbouwd. In twee voorgaande experimenten is bij het gewas tomaat onderzocht hoeveel transpiratie er minimaal nodig is voor een hoge produktie met een goede kwaliteit. Echter, in beide experimenten werd geen onderwaarde gevonden, d.w.z. de gerealiseerde verdampingsnivo's hadden geen nadelige invloed op produktie en kwaliteit (Bakker en de Graaf, 1993; Bakker et al., 1994). Het bereiken van een nog lager verdampingsnivo lijkt voor tomaat in de beschikbare onderzoeksoutillage niet mogelijk. Daarom is besloten om het onderzoek voort te zetten met komkommer waarbij boven het gewas een vast foliescherf is aangebracht. Verschillen in verdamping kunnen bereikt worden door verschil in perforatie van de folie en verschil in ventilatie boven het foliescherf. In het proefvoorstel (Bakker et al., 1994) was opgenomen dat tijdens de proef beloten werd om één lange teelt danwel twee korte teelten uit te voeren. Begin april was de gewasstand dusdanig dat voor het voortzetten van de eerste teelt werd besloten. Hierdoor was het mogelijk de naeffecten van de behandelingen in voorgaande maanden te onderzoeken. Het doel van dit derde experiment is het bij komkommer vaststellen van de ondergrens voor transpiratie waarbij een hoge produktie met een goede kwaliteit mogelijk is. De resultaten zijn o.a. gepresenteerd tijdens de opendag komkommer op het PBG en in een artikel in de Groenten + Fruit (de Koning, 1995).

2. MATERIAAL EN METHODEN

2.1 KASOUTILLAGE EN BEHANDELINGEN

Evenals voor de vorige experimenten in dit project is de proef uitgevoerd in kas 210 van het PBG Naaldwijk. Deze kas bestaat uit 24 gelijke afdelingen van 9,6 x 6,0 m en 2,8 m hoog. Per afdeling kan het dagelijkse waterverbruik (gift-drain) worden gemeten. Iedere afdeling wordt verwarmd door middel van laag liggende buizen (4 per kap) met een doorsnede van 51 mm. Er is geen matverwarming aanwezig. Een vast AC-foliescherm was ongeveer 15 cm boven de gewasdraden geïnstalleerd.

Op 5 april zijn er in het foliescherm grote gaten gemaakt omdat het steeds moeilijker werd hoge temperatuur in de kas te vermijden. Een week later is het scherm verwijderd. In verband hiermee zijn op 6 april de klimaatinstellingen veranderd. De proef is dan ook in twee perioden te verdelen: 23 januari t/m 5 april (periode I) en 6 april t/m 28 mei (periode II). In de eerste periode werden verschillen gemaakt door de mate van folieperforatie en wel of geen minimumventilatie. In de tweede periode zijn alleen verschillen aangelegd in minimumventilatie. Er waren 6 behandelingen in viervoud.

Tabel 2.1 - Overzicht van de behandelingen

behandeling	afdeling	periode I		periode II
		perforatie ¹⁾	minimum ventilatie	minimum ventilatie
A	11,13,22,24	weinig	geen	geen
B	2,12,15,17	weinig	wel	matig
C	7,9,14,20	normaal	geen	veel
D	3,5,8,10	normaal	wel	veel
E	1,4,6,23	veel	geen	weinig
F	16,18,19,21	veel	wel	zeer veel

¹⁾ weinig: 20 x 20cm Ø 6mm, normaal: 10 x 10cm Ø 6mm, veel: 5 x 5cm Ø 8mm

2.2 TEELTSYSTEEM EN GEWAS

Het gebruikte ras is Ventura. De zaaidatum was 15 december en de plantdatum was 12 januari. Tot 23 januari waren de klimaatinstellingen voor alle afdelingen gelijk. Er werd geteeld op steenwolmatten (7,5 x 15 x 135 cm) in plastic goten. Met behulp van deze goten werd het drainwater opgevangen voor hergebruik. Aan het uiteinde van de matten waren draingaten in de plastic hoezen gemaakt. Per goot waren er 5 planten (plantafstand 90 cm), per afdeling waren er (12 x 5) 60 planten. De planten werden ingedraaid tot aan de gewasdraad (2,5 m) waarna de planten werden getopt. Na het toppen werden er 2 scheuten via de gewasdraad naar beneden geleid.

2.3 KLIMAATMETINGEN EN -REGELING

De klimaatregeling vindt plaats via het centrale computersysteem van het PBG Naaldwijk. Minuutwaarnemingen van kasluchttemperatuur, luchtvochtigheid (natte bol, TFDL), CO₂-concentratie, raamstand en buistemperatuur werden als uurgemiddelden opgeslagen.

2.3.1 Temperatuur en buisinstellingen

De stooktemperatuur was ingesteld op 21°C overdag en 20°C 's nachts. Toen de komkommers de gewasdraad bereikten, werd de nachttemperatuur verlaagd tot 19°C. Bij een stralingsintensiteit groter dan 100 W/m² (buiten), werd de stooktemperatuur met 0,008°C per W/m² en met een maximum van 3°C verhoogd. Er was geen minimumbuistemperatuur ingesteld.

2.3.2 Ventilatie

De ventilatietemperatuur was dag en nacht 0,8 °C boven de stooktemperatuur. Evenals in de vorige experimenten in dit project, werd de ventilatie bepaald door een PI-regelaar. Dit om temperatuurverschillen tussen behandelingen te minimaliseren.

In tegenstelling tot het preofvoorstel en de vorige experimenten waar verschillen in kasklimaat bereikt werden door verschil in minimumbuistemperatuur, werd in dit experiment gekozen voor het aanbrengen van verschillen in minimumventilatie, omdat op deze wijze de raamopening beter controleerd is in verband met het loswaaien van de schermfolie. Om dezelfde reden werd de maximumraamstand, afhankelijk van de windsnelheid, begrensd.

De minimum-ventilatie werd als volgt berekend:

$$\text{MINIMUMVENTILATIE} = a + (b + c + d)$$

waarbij *a* een constante minimumventilatie is en *b*, *c* en *d* achtereenvolgens de invloeden zijn van buitentemperatuur, windsnelheid en stralingsintensiteit met $(b + c + d) \geq 0$

De instellingen voor periode I waren:

- a* * minimumraamstand = 10%
- b* * drempelwaarde buitentemp. = 2 °C,
 - * raamstandverandering als gevolg van de buitentemp. = +10% per °C,
 - * maximale raamstandverandering als gevolg van de buitentemperatuur = +160%
- c* * drempelwaarde windsnelheid = 4 m/sec
 - * raamstandverandering als gevolg van de windsnelheid = -20% per msec⁻¹
 - * maximale raamstandverandering als gevolg van de windsnelheid = -200%
- d* * drempelwaarde lichtinvloed = 50 W/m²
 - * maximale raamstand = +200%
 - * raamstandverandering als gevolg van de straling = +0,1% per Wm⁻²
 - * maximale raamstandverandering als gevolg van de straling = +100%

In periode I was de begrenzing van de maximale raamstand als volgt:

- * drempelwaarde windsnelheid = 3 m/sec
- * raamstandverandering als gevolg van de windsnelheid = -20% per msec⁻¹
- * maximale raamstandverandering als gevolg van de windsnelheid = -200%

Bij de afdelingen zonder minimumventilatie, bleven de ramen gesloten zolang de temperatuur onder de ventilatietemperatuur bleef.

In periode II werden verschillen tussen de behandelingen verkregen door verschillende minimumventilatieinstellingen (tabel 2.1). De rangorde naar oplopende minimumventilatie is gebaseerd op het gemeten waterverbruik in periode I. Om na te gaan of de mate van verdamping in periode I nog effect had op het vervolg van de teelt, kregen behandeling C (weinig verdamping in periode I) en D (veel verdamping in periode I) dezelfde instellingen. De veranderingen in de instellingen in periode II ten opzichte van periode I zijn:

- * ventilatietemp. (dag/nacht) = 20,4/19,6 °C
- * maximale invloed straling op de ventilatietemp. = 4 °C

- a * minimumraamstand (dag en nacht) = 0% (A), 4% (C), 0% (E), 2% (B), 4% (D), 6% (F)
- b * drempelwaarde buitentemp. = 6 °C
 - * raamstandverandering als gevolg van de buitentemp. = +0% (A), +3% (C), +1% (E), +2% (B), +3% (D) +4%(F) per °C
- c * raamstandverandering als gevolg van de windsnelheid = -15% per msec⁻¹
- d * drempelwaarde lichtinvloed = 250 W/m²
 - * raamstandverandering als gevolg van de straling = +0% (A), +0,08% (B t/m F) per W/m²

Begrenzing maximumraamstand als gevolg van de windsnelheid:

- * raamstandverandering als gevolg van de windsnelheid = -25% per msec⁻¹

2.3.3 CO₂

Er werd zuivere CO₂ gedoseerd. In periode I tot een concentratie van 500 ppm en periode II tot 400ppm.

2.4 TEELTMAATREGELEN EN VOEDING

Er werd 3 keer per week geoogst. Over de gehele proefperiode werd het gewas enkele keren gesnoeid. Tijdens de teelt werd er gebruik gemaakt van biologische bestrijding. In periode II was de infectiedruk van meeldauw zo groot dat er regelmatig chemisch bestreden moest worden (bijlage II).

Alle afdelingen kregen een standaard voedingsoplossing toegediend (Sonneveld en Straver, 1994). Iedere 2 weken werden er monsters genomen en werd, indien noodzakelijk, het voedingsschema aangepast.

2.5 WAARNEMINGEN

Een proefveld bestond uit de 2 middelste paadjes (4 rijen) binnen een afdeling. Dit zijn in totaal 20 planten. Het oppervlak van 1 proefveldje is 14,4 m². Toen de komkommers de draad bereikten werd de plantlengte gemeten en werd het aantal bladeren per plant geteld. Tijdens de teelt zijn alle planten binnen een afdeling beoordeeld op bolblad en aanwezigheid van Botrytis.

De geoogste komkommers werden geteld, ingedeeld in recht, krom en stek, gewogen en beoordeeld op kleur, vorm en aantasting door Mycosphaerella. De komkommers werden 4 keer (3/3, 22/3, 7/4 en 15/5) beoordeeld op houdbaarheid. Per keer werden er 12 komkommers per afdeling ingezet.

3. RESULTATEN

3.1 KLIMAAT

De gerealiseerde klimaatsomstandigheden zijn weergegeven in tabel 3.1 (periode I) en 3.2 (periode II). De dag loopt van 8.00 tot 20.00 uur (wintertijd). Het relatieve energieverbruik werd geschat aan de hand van het verschil in buis- en kasttemperatuur. Bij de meeste kenmerken was er een verschil tussen enerzijds de behandelingen zonder minimumventilatie (A,C,E) en anderzijds de behandelingen met minimumventilatie (B,D,F). Om deze reden is de volgorde van de behandelingen in de tabellen: A,C,E,B,D,F.

In periode I was de gerealiseerde buistemperatuur en hiermee het energieverbruik bij de behandelingen met minimumventilatie boven het scherm hoger dan bij de behandelingen zonder minimumventilatie (tabel 3.1a). Tussen de twee meest extreme behandelingen (A-F) was het verschil in energieverbruik overdag 65% en over een etmaal gezien 39% (t.o.v. de behandeling met het laagste verbruik, A). Tussen de behandelingen met weinig perforatie en de behandelingen met normale perforatie was nauwelijks verschil in energieverbruik (A t.o.v. C en B t.o.v. D). Bij de behandelingen met veel perforatie werd daarentegen meer energie verbruikt ($\pm 15\%$) dan bij de behandelingen met weinig perforatie (A t.o.v. E en B t.o.v. F). In bijlage I is het verloop van de raamstand en de buistemperatuur voor de behandelingen A, C en F weergegeven.

In periode I was de gemiddelde kasluchttemperatuur bij behandeling F (veel perforatie, wel minimumventilatie) iets (0,2 °C) lager dan van de overige behandelingen (tabel 3.1b). De relatieve luchtvochtigheid in de behandelingen met minimumventilatie (B, D, F) was lager dan in de behandelingen zonder minimumventilatie (A, C, E) (tabel 3.1b, bijlage I) terwijl er geen verschillen waren tussen de behandelingen met weinig en de behandelingen met normale perforatie (A t.o.v. C en B t.o.v. D). De gemeten CO₂-concentratie bij de verschillende behandelingen week nauwelijks af van de ingestelde waarde (500 ppm), maar was bij de behandelingen met minimumventilatie gemiddeld iets (ong. 25 ppm) lager dan bij de behandelingen zonder minimumventilatie.

Tabel 3.1a - Gemiddelde raamstand en buistemperaturen gedurende periode I

beh.	raamstand (%)			T _{buis} (°C)			T _{buis} -T _{kas} ¹⁾ (%)		
	dag	nacht	etm	dag	nacht	etm	dag	nacht	etm
A	15,2	0,2	7,7	33,5	38,7	36,1	100	100	100
C	14,6	0,2	7,4	34,0	38,4	36,2	104	98	100
E	8,2	0,2	4,2	35,2	40,6	37,9	116	109	112
B	48,9	29,5	39,2	37,7	41,5	39,6	139	114	123
D	48,6	29,4	39,0	37,4	41,3	39,4	137	113	122
F	48,0	29,5	38,7	40,4	43,4	41,9	165	124	139
Isd 5%	2,7	0,2	1,4	1,4	2,0	1,7	13	10	11

¹⁾ maat voor het relatieve energieverbruik

Tabel 3.1b - Gemiddelde kasttemperatuur, RV, vochtdeficiet en CO₂-concentratie gedurende periode I

beh.	temperatuur (°C)			RV (%)			VPD (kPa)	CO ₂ (ppm)
	dag	nacht	etm	dag	nacht	etm	etm	dag
A	22,2	19,1	20,6	90,3	87,0	88,6	0,22	504
C	22,3	19,2	20,7	89,0	85,7	87,3	0,23	504
E	22,1	19,2	20,6	87,3	81,6	84,4	0,29	505
B	22,0	19,2	20,6	83,7	76,9	80,3	0,38	480
D	21,9	19,2	20,5	82,7	75,0	78,8	0,41	479
F	21,7	19,1	20,4	75,8	65,7	70,8	0,60	472
Isd 5%	0,1	ns	0,1	1,8	2,1	1,9	0,03	7

In periode II waren de verschillen tussen de behandelingen in het algemeen groter dan in periode I. Bij behandeling F (zeer veel minimumventilatie) werd over een etmaal 72% en overdag zelfs 164% meer energie verbruikt dan in behandeling A (geen minimumventilatie) (tabel 3.2a). Evenals in periode I werden er duidelijke verschillen in relatieve luchtvochtigheid behaald (tabel 3.2b). De ingestelde CO₂-concentratie (400 ppm) werd in alle behandelingen goed gerealiseerd. De behandelingen C en D hadden in periode II dezelfde instellingen maar de gerealiseerde luchtvochtigheid was bij behandeling D iets hoger (tabel 3.2b).

Tabel 3.2a - Gemiddelde raamstand en buistemperaturen (dag/nacht/etmaal) gedurende periode II

beh.	raamstand (%)			T _{buis} (°C)			T _{buis} – T _{kas} ¹⁾ (%)		
	dag	nacht	etm	dag	nacht	etm	dag	nacht	etm
A	55,3	5,1	30,2	30,8	42,5	36,7	100	100	100
C	60,5	18,2	39,4	40,0	49,3	44,6	224	130	153
E	43,7	5,7	24,7	32,7	42,8	37,8	124	101	107
B	55,8	14,5	35,1	36,2	47,7	41,9	175	122	135
D	56,4	20,2	38,3	39,3	50,2	44,8	215	134	154
F	69,9	26,8	48,4	42,7	52,0	47,3	264	141	172
Isd 5%	10,8	2,6	6,4	2,7	2,5	2,4	38	11	16

¹⁾ maat voor het relatieve energieverbruik

Tabel 3.2b - Gemiddelde kasttemperatuur, RV, vochtdeficiet en CO₂-concentratie gedurende periode II

beh	temperatuur (°C)			RV (%)			VPD (kPa)	CO ₂ (ppm)
	dag	nacht	etm	dag	nacht	etm	etm	dag
A	23,3	19,4	21,3	74,1	82,7	78,3	0,51	418
C	23,0	19,3	21,1	61,8	68,8	65,3	0,82	411
E	23,3	19,4	21,4	72,5	80,7	76,6	0,55	418
B	22,9	19,3	21,1	68,8	74,0	71,4	0,66	411
D	23,0	19,3	21,1	65,7	69,9	67,8	0,75	410
F	22,7	19,3	21,0	61,9	66,3	64,1	0,84	410
Isd 5%	0,3	0,03	0,1	3,2	2,2	2,5	0,04	3

3.2 WATERVERBRUIK

In periode I waren er tussen de behandelingen duidelijke verschillen in waterverbruik (tabel 3.3, bijlage I); minimumventilatie had een hoger waterverbruik tot gevolg. Ook veel perforatie in de folie t.o.v. normaal of weinig gaf een hoger verbruik.

In periode II waren er nauwelijks verschillen in waterverbruik tussen de verschillende behandelingen. Alleen behandeling C had een lager waterverbruik (tabel 3.3).

Tabel 3.3 - Cumulatief waterverbruik in l/m² en relatief ten opzichte van behandeling A, in periode I en II

behandeling	periode I		periode II	
	l/m ²	%	l/m ²	%
A	92	100	210	100
C	88	95	182	87
E	100	109	209	99
B	105	114	218	104
D	111	121	219	104
F	125	136	223	106
Isd 5%	7	7	24	12

3.3 PRODUKTIE EN KWALITEIT

In periode I werden geen verschillen in produktie waargenomen tussen de verschillende behandelingen (tabel 3.4a). Wel was het aantal rechte komkommers en het totaal gewicht aan stek per m² bij behandeling F lager. Het gemiddeld vruchtgewicht was in de behandelingen met minimumventilatie iets hoger dan in de behandelingen zonder minimumventilatie.

In periode II hadden de behandelingen A en E een iets hogere produktie dan de andere behandelingen (tabel 3.4b, bijlage I). Behandeling C bleef achter in produktie.

Tabel 3.4a - Aantal rechte en kromme komkommers, totaal gewicht (recht + krom), totaal gewicht stek en gemiddeld vruchtgewicht in periode I

beh.	recht (st/m ²)	krom (st/m ²)	gewicht (kg/m ²)	gew. stek (kg/m ²)	gvg (g/stuk)
A	20,8	2,8	10,5	0,096	446
C	21,1	2,7	10,6	0,072	444
E	21,0	2,6	10,7	0,044	454
B	20,2	3,0	11,0	0,040	474
D	20,4	2,7	10,6	0,034	460
F	18,6	2,8	10,2	0,004	475
Isd 5%	1,2	ns	ns	0,064	16

Tabel 3.4b - Aantal rechte en kromme komkommers, totaal gewicht (recht + krom), totaal gewicht stek en gemiddeld vruchtgewicht in periode II

beh.	recht (st/m ²)	krom (st/m ²)	gewicht (kg/m ²)	gew. stek (kg/m ²)	gvg (g/stuk)
A	29,4	3,9	13,3	0,65	397
C	24,8	3,4	10,5	0,39	373
E	28,8	4,2	13,5	0,62	409
B	27,9	4,0	12,9	0,69	406
D	26,2	3,7	11,9	0,42	397
F	24,5	4,8	11,8	0,61	404
Isd 5%	2,4	ns	1,3	0,28	16

Gedurende de hele proef werden geen vruchten aangetroffen die door *Mycosphaerella* aangetast waren.

De kleur van de komkommers was bij alle behandelingen zowel in periode I als in periode II ruim voldoende en de vruchten waren lang houdbaar (tabel 3.5).

Tabel 3.5a - Resultaten van de houdbaarheidsproeven uitgedrukt in kleur bij inzet en houdbaarheid in dagen periode I

inzetdatum	3 maart		22 maart	
behandeling	kleur inzet (0-10)	houdbaarheid (dagen)	kleur inzet (0-10)	houdbaarheid (dagen)
A	6,8	18,4	7,0	15,6
C	6,7	19,3	7,1	15,9
E	6,9	19,1	7,1	17,4
B	6,7	17,8	6,4	14,9
D	6,9	18,6	6,7	15,7
F	6,6	17,6	7,0	18,0
lsd 5%	ns	1,5	0,4	2,6

Tabel 3.5b - Resultaten van de houdbaarheidsproeven uitgedrukt in kleur bij inzet en houdbaarheid in dagen voor periode II

inzetdatum	7 april		15 mei	
behandeling	kleur inzet (0-10)	houdbaarheid (dagen)	kleur inzet (0-10)	houdbaarheid (dagen)
A	6,9	17,5	7,8	22,9
C	7,4	18,0	8,0	24,7
E	7,2	20,4	7,4	20,6
B	6,9	17,7	7,6	23,7
D	6,9	17,3	8,1	23,4
F	7,0	17,2	7,8	22,4
lsd 5%	ns	ns	ns	ns

3.4 GEWAS

De plantlengte en het aantal bladeren werden niet beïnvloed door de behandelingen (tabel 3.6). Geen minimumventilatie resulteerde in veel bolblad (tabel 3.6). Ook de zijscheuten hadden bolblad.

Tabel 3.6 - Plantlengte, aantal bladeren, en aanwezigheid bolblad, weergegeven per behandeling

datum behandeling	2 februari		10 februari
	lengte (cm/plant)	blad (aant/plant)	bolblad (0-5)
A	147	12,2	2,6
C	153	12,3	2,0
E	143	11,6	2,0
B	150	12,1	0,1
D	141	11,4	0,1
F	139	11,7	0,0
lsd 5%	ns	ns	0,8

In de twee vochtigste behandelingen (A en C) in periode I werden aanzienlijk meer Botrytis lesies gevonden dan in de overige behandelingen (tabel 3.7). In periode I gingen nog geen planten dood door Botrytisaantasting terwijl in periode II met name in behandeling C veel planten dood gingen.

Tabel 3.7 - Aantal Botrytis-lesies en aantal dode planten per afdeling. In een afdeling staan 60 planten

datum behandeling	28 april		8 mei	
	Botrytis ¹⁾ (lesies/afd)		dode planten ¹⁾ (planten/afd)	
A	74,5	a	4,8	b
C	83,8	a	15,0	a
E	12,0	b	1,5	bc
B	5,5	b	0,8	c
D	7,0	b	2,3	bc
F	1,5	b	3,2	bc

¹⁾ getallen gevolgd door dezelfde letter verschillen niet significant van elkaar (P=0,05)

4. DISCUSSIE

4.1 PERIODE I

Ventilatie boven het scherm en meer perforatie in het scherm leidden tot een grotere afvoer van warmte en vocht uit de kas. Dit resulteerde in een hoger buistemperatuur (tabel 3.1a), een lagere luchtvochtigheid (tabel 3.1b) en meer verdamping (tabel 3.3). Er was een lineair verband tussen de het extra energie- en extra waterverbruik, t.w. 10% extra energie geeft 7% extra waterverbruik (tot 5/4). In voorgaand onderzoek met tomaat was deze verhouding veel ongunstiger. In 1994 gaf (tot 27/4) 10% meer energie slechts 2,3% meer verdamping (Bakker et al., 1994) en in de eerste proef in dit project werd een vergelijkbare lage effectiviteit behaald (Bakker en de Graaf, 1993). De hogere effectiviteit in deze proef hangt waarschijnlijk samen met de hoge luchtvochtigheid en het lage energieverbruik als gevolg van de aanwezigheid van een scherm. Het behaalde traject in vochtdeficiet was namelijk 0,51-0,93 kPa in 1993, 0,47-0,85 kPa in 1994 en 0,22-0,60 kPa in deze proef. De gerealiseerde gemiddelde buistemperatuur was bij de meest 'droge' behandeling 42°C (tabel 3.1) terwijl die in 1993 bij de meest vochtige behandeling al 45°C was.

Bij de behandelingen zonder minimumventilatie kwam veel bolblad voor. Dit duidt op onvoldoende calciumaanvoer; een bekend gevolg van weinig verdamping. De vermindering van het bladoppervlak (niet gemeten) door het optreden van bolblad had geen nadelige consequenties voor de produktie (tabel 3.4a). Gezien de relatief donkere kas (50% lichtdoorlatendheid) en de langdurige aanwezigheid van een vast scherm was de produktie hoog. Het gemiddelde over alle behandelingen t/m week 14 was 10,6 kg/m² terwijl de praktijk voor een vergelijkbare zaaidatum 11,1 kg/m² (NTS gegevens G + F) behaalde. De CO₂ concentratie in de behandelingen met minimumventilatie was ongeveer 25 ppm lager dan in de behandelingen zonder minimumventilatie. Het te verwachten effect op produktie is 1,5% (Nederhoff, 1994) in het voordeel van de behandeling zonder minimumventilatie. Het effect is dermate klein dat het geen invloed heeft op de conclusies van deze proef.

In tegenstelling tot resultaten van eerder onderzoek (Janse, 1993) waren in deze proef ook bij de zeer hoge luchtvochtigheden vruchtkleur en houdbaarheid ruim voldoende (tabel 3.5a). Een duidelijke oorzaak voor deze verschillende onderzoeksresultaten is niet aan te geven maar de resultaten van deze proef tonen aan dat ook bij hoge luchtvochtigheid een hoge produktie van een goede kwaliteit bereikt kan worden. Mogelijk is in deze proef wat meer dan gebruikelijk aan gewasonderhoud (snoei) gedaan. Opvallend was dat het gemiddeld vruchtgewicht bij de behandelingen met hoge luchtvochtigheid (geen minimumventilatie) iets lager was dan bij de behandelingen met lage luchtvochtigheid. Dit heeft mogelijk te maken met een iets andere lengte-dikte verhouding maar dit kenmerk is niet apart waargenomen.

Enkele weken na het beëindigen van periode I kwam bij de twee meest vochtige behandelingen in periode I (A en C) meer Botrytis voor dan bij de overige behandelingen (tabel 3.7). In periode I heeft Botrytis echter geen plantuitval gegeven en leidde het niet tot meer aantasting van de vruchten tijdens de bewaring.

4.2 PERIODE II

Ondanks dat in periode II de verschillen in buistemperatuur groter waren dan in periode I (tabel 3.1a en 3.2a), waren er tussen de behandelingen nauwelijks verschillen in waterverbruik (tabel 3.3). 10% Extra energieverbruik leidde slechts tot 0,8% extra

waterverbruik en is in overeenstemming met eerdere resultaten met tomaat (Bakker et al., 1994). De lage effectiviteit waarmee in het late voorjaar extra energie het waterverbruik stimuleert kan verklaard worden met de toename van de hoeveelheid zonlicht en de lagere luchtvochtigheid in periode II t.o.v. periode I. Het lagere waterverbruik van behandeling C (tabel 3.3 en bijlage I) komt overeen met aantal planten dat bij deze behandeling door Botrytis is uitgevallen (tabel 3.7).

De produktie was in periode II hoger naarmate de luchtvochtigheid hoger was. Bij alle behandelingen was de houdbaarheid van de komkommer zeer goed. In periode II was er een grote (externe) infectiedruk van meeldauw wat ook een (gedeeltelijke) verklaring kan zijn van de lagere produktie bij meer ventilatie. De produktie van alle behandelingen kan in periode II negatief beïnvloed zijn door meeldauw. Op grond van de produktie van behandeling A kan tevens geconcludeerd worden dat een hoge luchtvochtigheid in het begin van het seizoen (periode I) niet per definitie leidt tot een lage produktie later (periode II).

Waarschijnlijk vanwege het uitvallen van planten gaf behandeling C een lage produktie. Behandelingen C en D hadden in periode II dezelfde instellingen. In periode I had C (geen minimumventilatie) een hoge en D een lage (wel minimumventilatie) luchtvochtigheid. Behandeling C waren duidelijk meer dode planten door Botrytis (tabel 3.7). Een hoge luchtvochtigheid vroeg in het seizoen veroorzaakt dus later, bij gelijke omstandigheden, meer uitval door Botrytis. Behandeling A had in periode I ongeveer hetzelfde klimaat als C (tabel 3.1b) maar een hogere luchtvochtigheid in periode II (tabel 3.2b) en weinig uitval door Botrytis. Bij een continu hoge luchtvochtigheid is de uitval door Botrytis dus minder dan bij een overgang van hoge naar lage luchtvochtigheid.

4.3 VOORTZETTING VAN HET ONDERZOEK

Voor een betere onderbouwing van de gevonden resultaten is een herhaling van de proef gewenst. Er zou volstaan kunnen worden met twee verschillende perforaties in de folie, t.w. weinig en veel. Dit geeft ruimte om, overeenkomstig de projectbeschrijving, onderzoek te doen naar de mogelijkheid te streven naar verdampingssommen in plaats van continue verdampingsnivo's. In de behandelingen zou ook meer gestreefd kunnen worden naar gewenste verdamping dan in de voorgaande proeven gedaan is. Voor iedere behandeling wordt de minimumventilatie dan afhankelijk van de mate waarin tijdens de voorgaande dagen het gewenste verdampingsnivo (totaal per dag) gerealiseerd is. Hiernaast zou onderzocht kunnen worden of aantasting met Botrytis kan worden voorkomen door (zeer) hoge momentane luchtvochtigheid te vermijden.

5. CONCLUSIES

Door het gebruik van een foliescherm kon zeer hoge luchtvochtigheid (90%) bereikt worden.

De verschillende behandelingen leidden, in de periode van 12 januari tot 5 april, tot 36% verschil in waterverbruik.

Het energieverbruik bij tijdens het gebruik van het vaste scherm was laag en in deze periode (januari t/m maart) gaf 10% extra energieverbruik ongeveer 7% extra waterverbruik.

Evenals in de twee voorgaande experimenten in dit project had het stimuleren van de verdamping geen invloed op de produktie en kleur en houdbaarheid van de geogste vruchten.

Bij hoge luchtvochtigheid ontstond veel bolblad (Ca-gebrek) maar dit had geen negatieve effecten voor de produktie.

Bij hoge luchtvochtigheid kan een hoge produktie van een goede kwaliteit bereikt worden zonder de verdamping met extra verwarming te stimuleren.

Bij hoge luchtvochtigheid in januari tot en maart kwam veel aantasting met Botrytis voor (waarneming begin april) dat later, met name bij lage luchtvochtigheid, tot plantsterfte en lage produktie leidde.

Een lage luchtvochtigheid in april en mei had een negatieve invloed op de produktie.

In dit experiment is geen aantasting van het gewas of de vruchten met Mycosphaerella voorgekomen.

LITERATUUR

- Bakker, J.C., 1991. Analysis of humidity effects on growth and production of glasshouse fruit vegetables, Diss. LUW, 155 blz.
- Bakker, J.C., 1993. Onderzoek minimale transpiratie in relatie tot energieverbruik, produktie en kwaliteit van glastuinbouwgewassen, verslag eerste experiment. Proefstation voor Tuinbouw onder Glas, intern verslag nr. 25.
- Bakker, J.C. & Graaf, R. de & Janse, J., 1994. Onderzoek minimale transpiratie in relatie tot energieverbruik, produktie en kwaliteit van tuinbouwgewassen, verslag tweede experiment. Proefstation voor Tuinbouw onder Glas.
- Janse J., 1993. Luchtvochtigheid, Informatiereeks PTG, brochurenummer 104: 54-55.
- Koning, A. de, 1995. Stimuleren verdamping niet altijd nodig. Groenten + Fruit 5(44), Vakdeel glasgroenten: 14-15.
- Nederhoff, E.M., Effects of CO₂ concentration on photosynthesis, transpiration and production of greenhouse fruit vegetables. Diss. LUW, 213 blz.
- Sonneveld, C. & Straver, N., 1994. Voedingsoplossingen voor groenten en bloemen geteeld in water of substraten, PTG Serie voedingsoplossingen glastuinbouw nr. 8.

BIJLAGE I

FIGUREN

Verloop van de raamstand (weekgemiddelde) gedurende de proefperiode voor behandeling A, C en F.

Verloop van de buistemperatuur (weekgemiddelde) gedurende de proefperiode voor behandeling A, C en F.

Verloop van de relatieve luchtvochtigheid (weekgemiddelde) gedurende de proefperiode voor behandeling A, C en F.

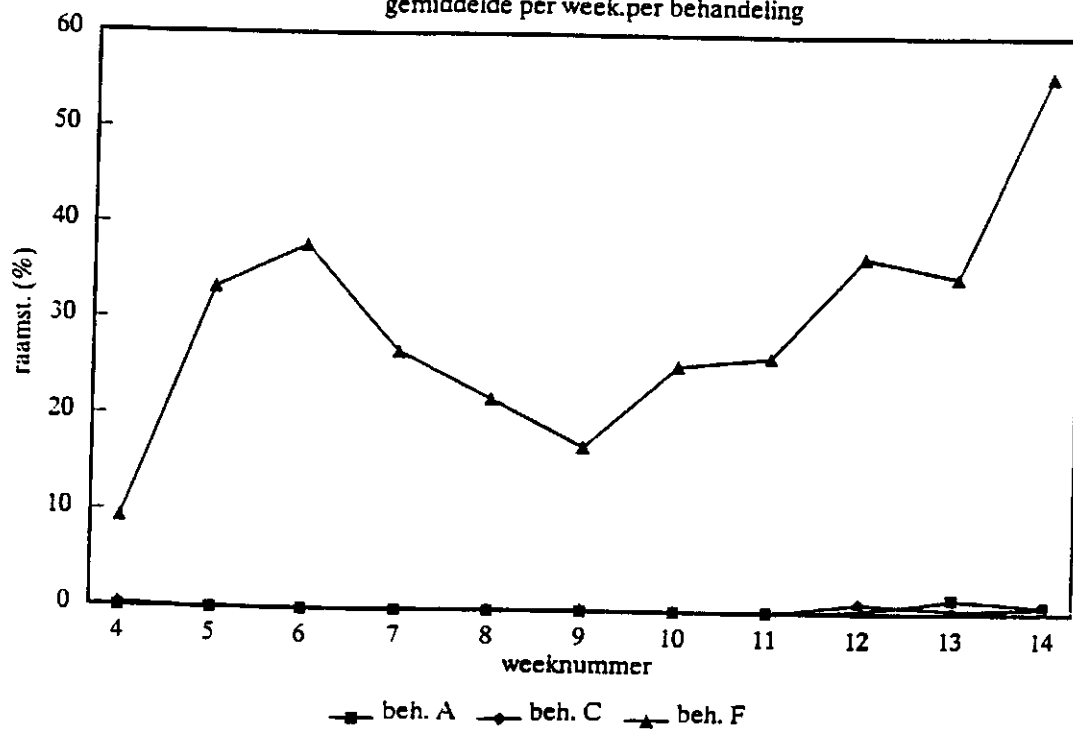
Verloop van het cumulatief waterverbruik voor behandeling A, C en F.

Verloop van de cumulatieve produktie (kg) voor behandeling A, C en F.

Verloop van de cumulatieve produktie (stuks) voor behandeling A, C en F.

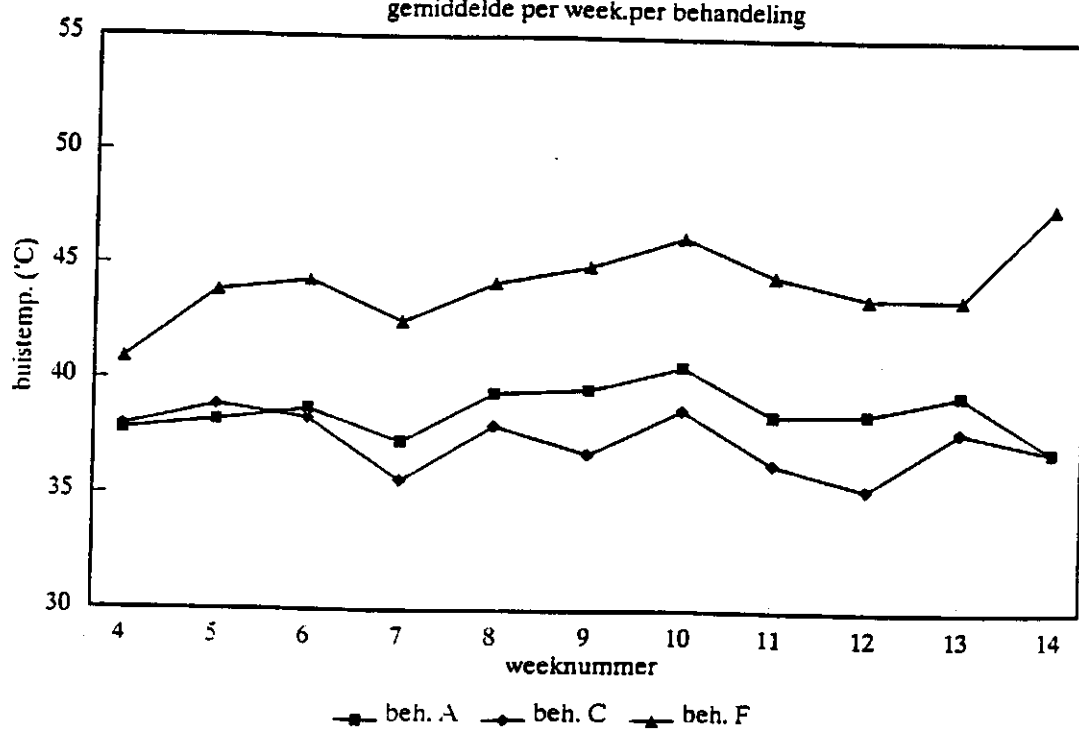
RAAMSTAND periode I

gemiddelde per week, per behandeling



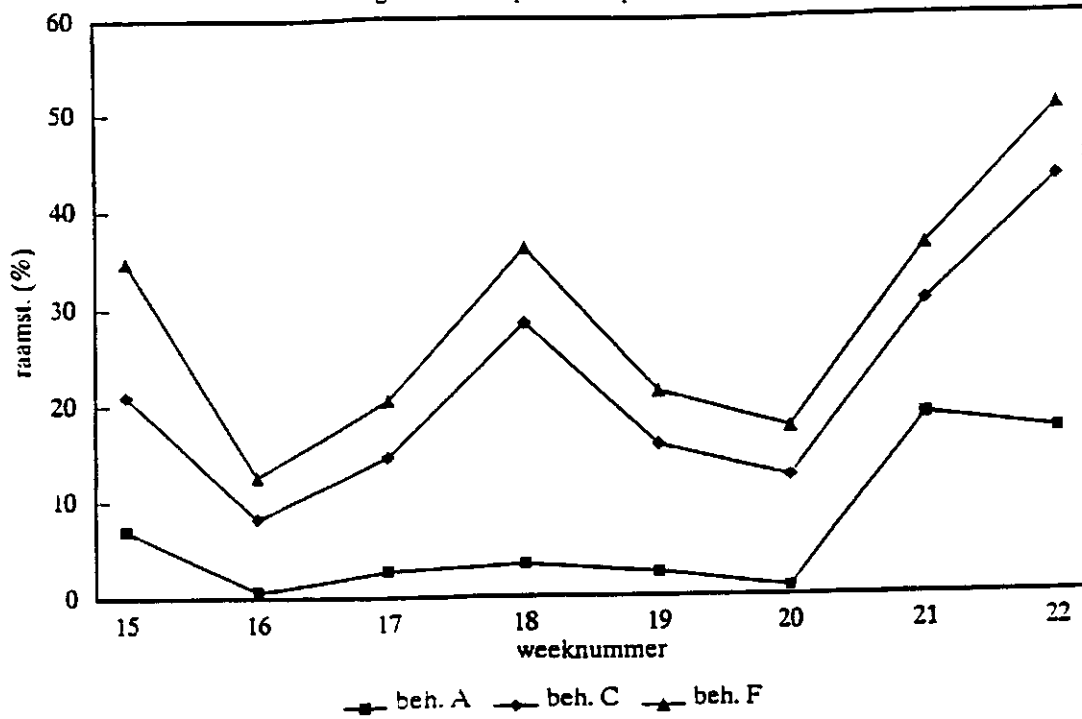
BUISTEMPERATUUR periode I

gemiddelde per week, per behandeling



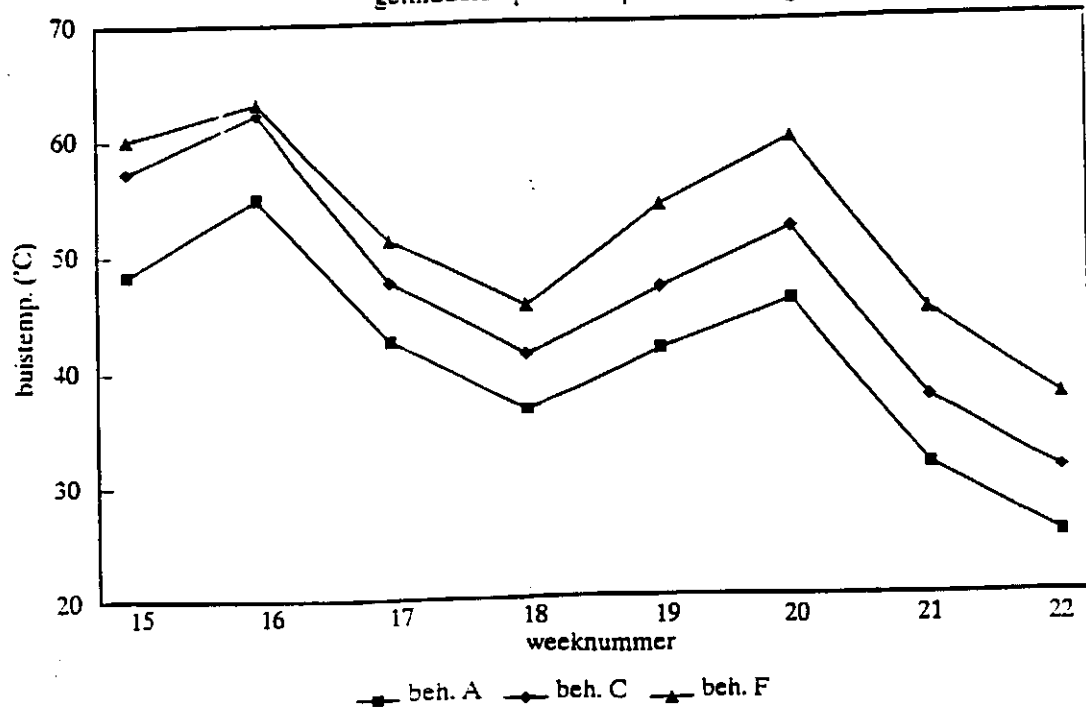
RAAMSTAND periode II

gemiddelde per week.per behandeling



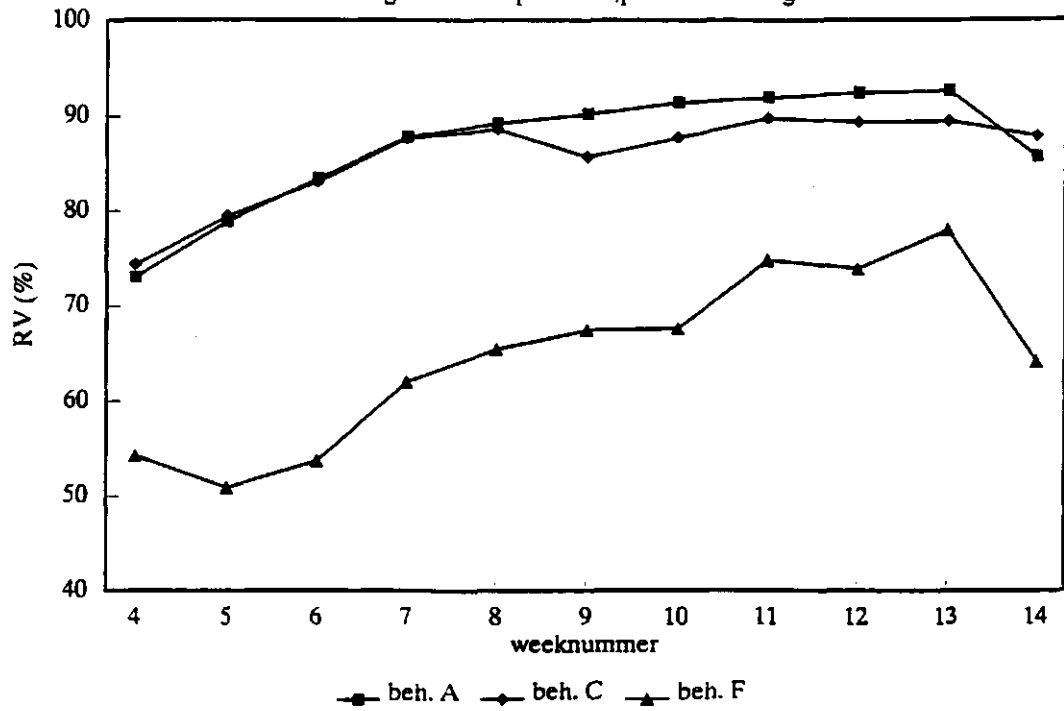
BUISTEMPERATUUR periode II

gemiddelde per week.per behandeling



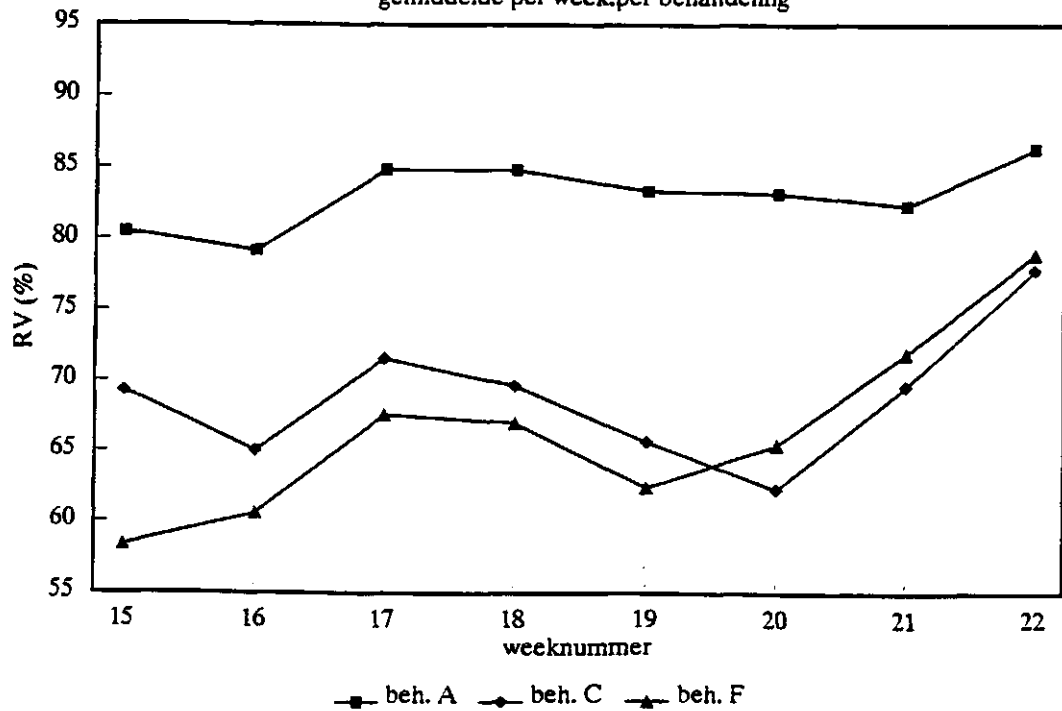
RELATIEVE LUCHTVOCHTIGHEID periode I

gemiddelde per week, per behandeling



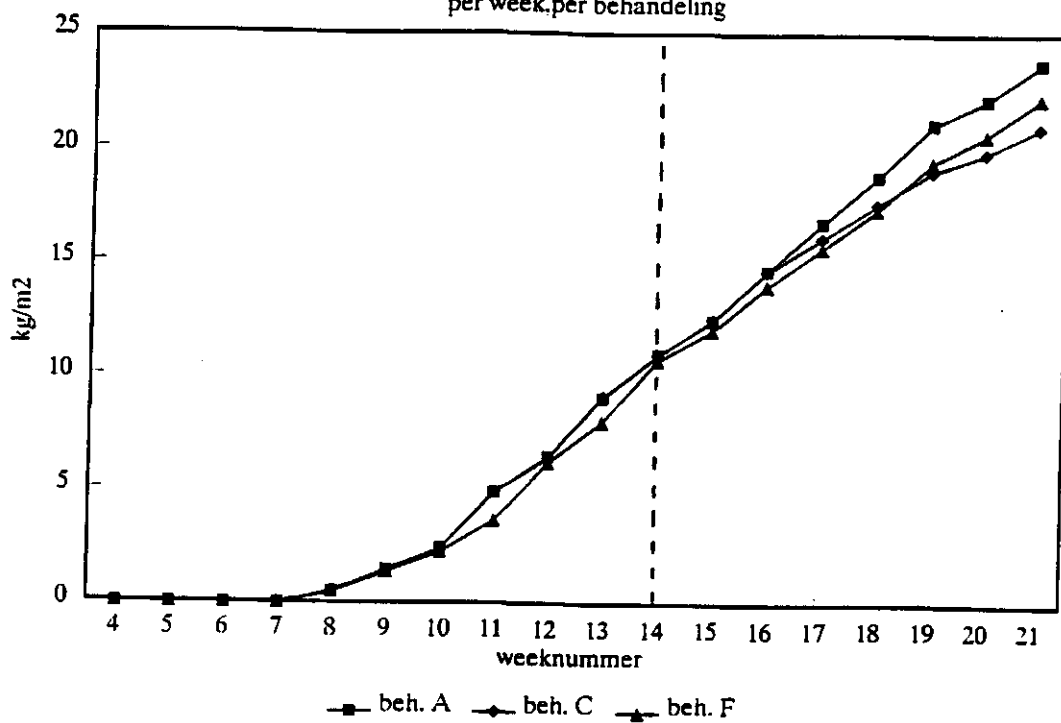
RELATIEVE LUCHTVOCHTIGHEID periode II

gemiddelde per week, per behandeling



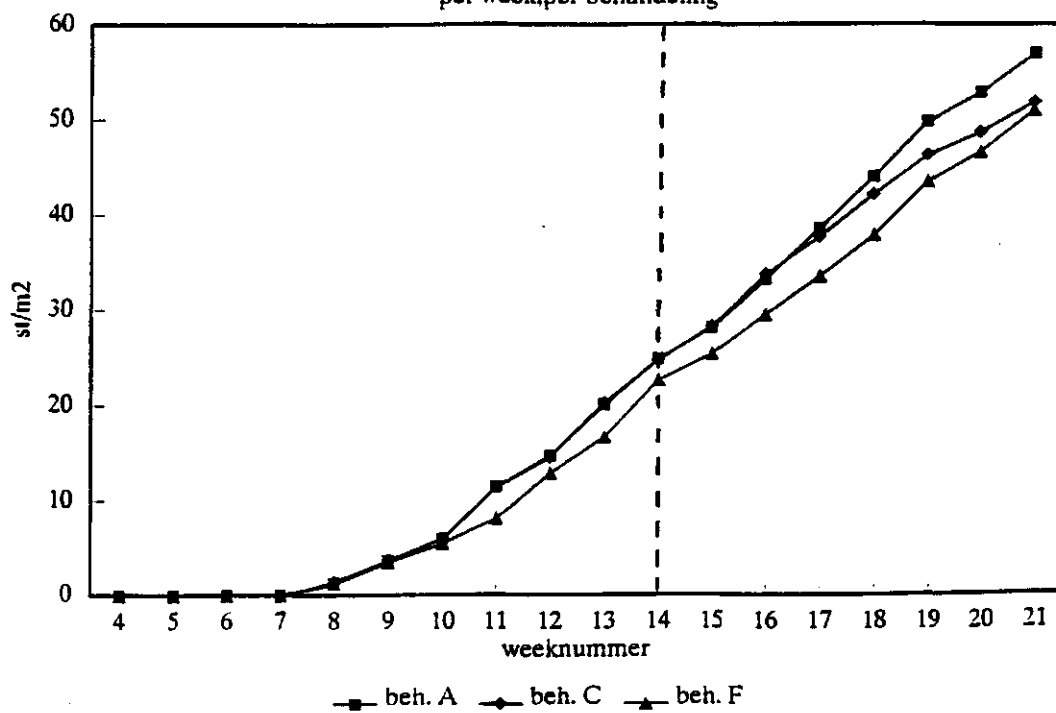
KILO'S PER M2 cumulatief

per week, per behandeling

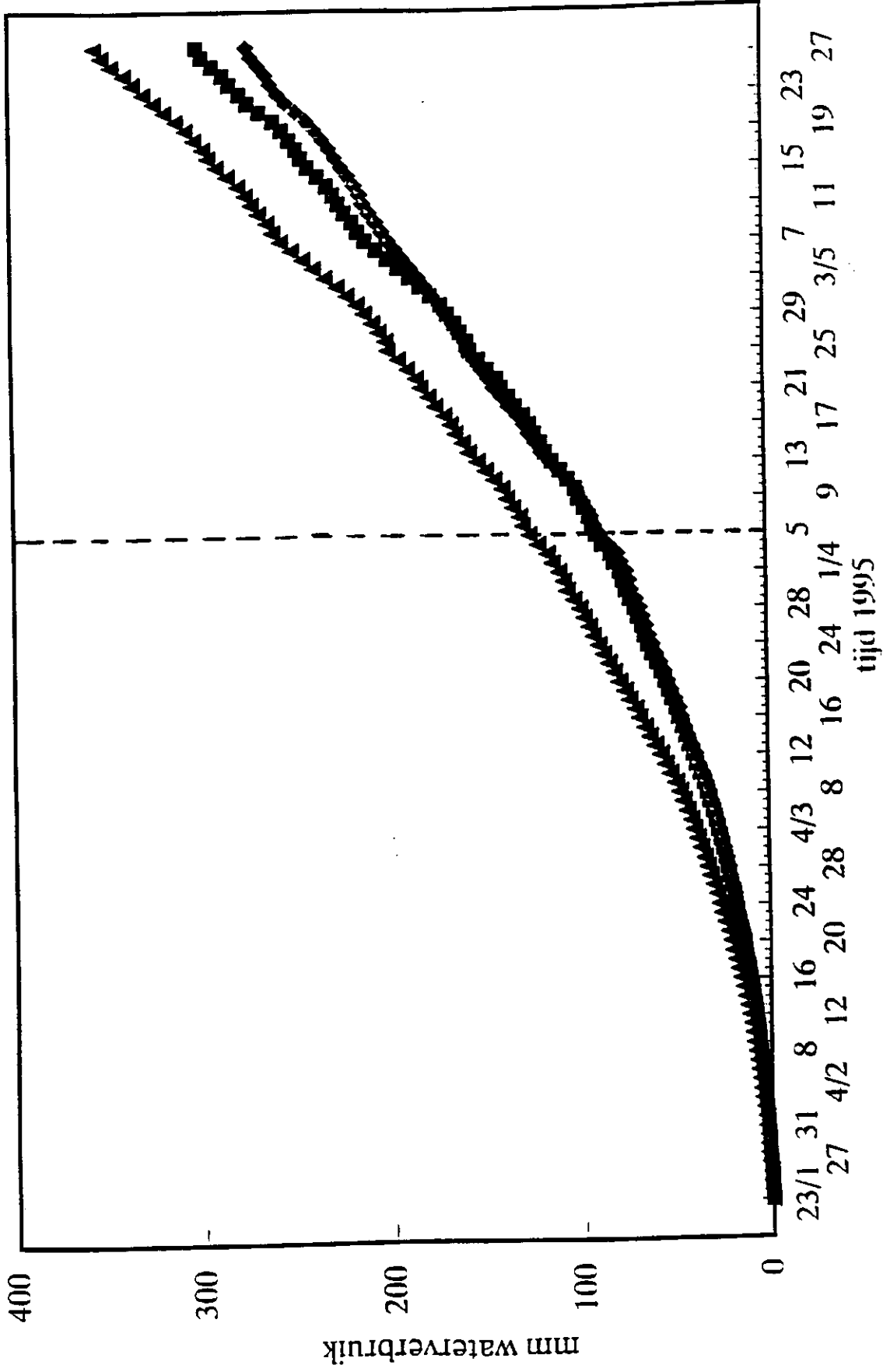


STUKS PER M2 cumulatief

per week, per behandeling



Verloop cumulatief waterverbruik komkommer kas 210 1995
 periode 23 januari – 28 mei



—■— verbruik beh. a —◆— verbruik beh. c —▲— verbruik beh. f

BIJLAGE II

OVERZICHT VAN BESPUITINGEN

datum	afdelingen	middel
3 april	21	Baycor
12 april	alle	Baycor
25 april	alle	Eupareen
5 mei	alle	Baycor
16 mei	alle	Baycor

BIJLAGE III

BESTANDEN

VAX-bestanden: [adk.p2302.*]

klimaatdata

a: afd 1-8, b: afd 9-16, c afd 17-24

uurgemiddelden

CO2a.dat, CO2b.dat, CO2c.dat (CO2-concentratie)

raama.dat, raamb.dat, raamc.dat (raamstand)

rv210a.dat, rv210b.dat, rv210c.dat (relatieve luchtvochtigheid)

tempa.dat, tempb.dat, tempc.dat (kasluchttemperatuur)

verwa.dat, verwb.dat, verwc.dat (buistemperatuur)

vpda.dat, vpdb.dat, vpdc.dat (vochtdeficiet, kPa)

verwerking klimaatdata

CO2.gen

energie.gen

raam.gen

rv.gen

temp.gen

verw.gen

vpd.gen

water.gen

water.cum

gewasdata en verwerking

anova.gen

hbh1.dat,hbh2.dat,hbh3.dat,hbh4.dat (kleur en houdbaarheid per datum)

hbh.gen

opbr.dat (produktie)

opbr.gen

opbrplot.gen

PC-bestanden

pc\wp\p2302\versl95

BIJLAGE IV

Opzet klimaatproef 'minimale transpiratie' in 210 voorjaar 1996

In 1996 worden wederom zes behandelingen in viervoud toegepast. Drie behandelingen zijn vergelijkbaar met behandelingen uit 1995, de drie nieuwe behandelingen zijn opgesteld naar aanleiding van de uitkomsten in 1995.

Verschillen in luchtvochtigheid en transpiratie worden verkregen door combinaties van de volgende factoren:

- * AC-folie met veel perforatie, 8 mm gaten op 5*5 cm, en weinig perforatie, 6 mm gaten op 20*20 cm. Het gebruik van het foliescherm maakt begrenzing van de ventilatie noodzakelijk.
- * wel en geen minimumventilatie
- * Het instellen van een luchtvochtigheidsgrens. De luchtvochtigheid mag niet boven 95 % uitkomen, daarboven wordt het teveel aan vocht afgelucht.
- * geen of rigoreuze gewassnoei. Vorig jaar is in vergelijking met de Nederlandse praktijk fors gesnoeid. Mogelijk is dit een verklaring voor de opvallend goede kwaliteit van de vruchten in 1995. In 1996 wordt minder gesnoeid ten einde voldoende gewas over te houden om ook na het verwijderen van het scherm een hoge luchtvochtigheid te krijgen

Dit leidt tot de volgende behandelingen:

beh	perforatie	ventilatie	lv-grens	snoei	afd
A	veel	-	-	-	1, 14, 19, 8
B	veel	-	95 %	-	17, 18, 11, 24
C	weinig	+	-	-	21, 10, 3, 16
D	weinig	-	-	-	9, 6, 23, 12
E	weinig	-	95 %	-	5, 22, 15, 4
F	weinig	-	95 %	+	13, 2, 7, 20

Behandeling 1996 A is vergelijkbaar met 1995 E; 1996 C met 1995 B en 1996 D met 1995 A.

behandeling F wordt gesnoeid volgens de Belgische methode: 2 ranken op vijf bladeren, daarna alle ranken op 1 blad

beh A t/m E worden gesnoeid volgens de gangbare Nederlandse praktijk; ranken halverwege draad en grond toppen

De minimumventilatie en de maximumraamstand worden op dezelfde manier als in 1995 berekend. In de afdelingen met een RV-grens wordt gelucht op temperatuur tenzij de RV te hoog wordt, dan wordt er alsnog gelucht. Om de temperatuur dan te houden kan er dan bijgestookt worden.

Gekozen is voor het meeldauwtolerante ras Odessa om problemen in de tweede helft van de teelt te verkleinen. Dit ras gaf in rassenproeven in 1995 relatief vaak bolblad, het reageert dus zeer waarschijnlijk goed op verschillen in luchtvochtigheid.

Nadat het scherm verwijderd is wordt een maand doorgeteeld met gelijke klimaatinstellingen om na-effecten van de instellingen te bestuderen. Eventueel volgt daarop een korte zomerteelt. Dit wordt in april besloten.

Driemaal per week, op maandag, woensdag en vrijdag morgen wordt er geoogst. Elke drie weken wordt er produkt apart gehouden voor houdbaarheidsbepalingen