

cb

Bibliotheek  
Proefstation  
Naaldwijk

A  
05  
G  
67

PROEFSTATION VOOR TUINBOUW ONDER GLAS TE NAALDWIJK

620

ONDERZOEK NAAR DE EVAPOTRANSPIRATIE VAN EEN HERFSTCHRYSANTENTEELT  
IN 1980

BIBLIOTHEEK  
PROEFSTATION VOOR TUINBOUW  
ONDER GLAS TE NAALDWIJK

R. de Graaf

A  
05  
G  
67

Stamboeknr.: 3798

055400 + 09046:80

PROEFSTATION VOOR TUINBOUW ONDER GLAS TE NAALDWIJK

ONDERZOEK NAAR DE EVAPOTRANSPIRATIE VAN EEN HERFSTCHRYSANTENTEEL IN 1980

PROEFSTATION VOOR TUINBOUW  
ONDER GLAS TE NAALDWIJK

R. de Graaf

## INHOUD

1. Inleiding
2. Werkwijze
  - 2.1. Algemene gegevens
  - 2.2. Proefopzet en proefverloop
3. Bespreking van de resultaten
  - 3.1. Waterverbruik
  - 3.2. Verloop van de evapotranspiratie
  - 3.3. Verband tussen globale straling en evapotranspiratie
  - 3.4. Verband tussen de  $\Delta t$  (temperatuur binnen min temperatuur buiten) maal de nachtlengte en de evapotranspiratie gedurende de nacht
  - 3.5. Vergelijking voor de evapotranspiratiebalans
  - 3.6. Opbrengstgegevens
4. Samenvatting en conclusies
5. Literatuur

## 1. Inleiding

Gedurende de periode augustus tot half november 1980 werd de evapotranspiratie bepaald van een in lysimeters geteeld chrysantengewas en van enkele in bakken geteelde chrysantenplanten geplaatst op weegschalen. Genoemd onderzoek sloot aan op eerder verricht verdampingsonderzoek bij chrysant in de periode 1972-1974 (de Graaf 1982). Bij dit laatste onderzoek werd voor de bepaling van de evapotranspiratie eveneens gebruik gemaakt van lysimeters en weegschalen. De werking van deze lysimeters was echter van dien aard dat hiermee nauwelijks bruikbare gegevens konden worden verkregen. De opstelling van de weegschalen was voorts zodanig dat de waarnemingen, hoewel op zichzelf redelijk betrouwbaar, in de meeste gevallen niet representatief waren voor een chrysantengewas onder "praktijkomstandigheden". Reden om in 1980, onder beter met de praktijk vergelijkbare omstandigheden, opnieuw de verdamping van een chrysantengewas te meten.

## 2. Werkwijze

### 2.1. Algemene gegevens

Het evapotranspiratieonderzoek bij chrysant (ras: Horim) vond plaats tijdens een herfstteelt in de periode van augustus tot half november. Met de lysimeters werd gemeten van 6 augustus tot en met 16 november en met de weegschalen van 11 augustus tot en met 16 november. Er werden tussen de drie kasafdelingen geen verschillen in behandeling aangebracht. De weegschalen werden in de directe omgeving van de lysimeterbakken in elk van de drie kasafdelingen opgesteld.

Er werd gewerkt met twee bedden planten per kap. De bedbreedte was 108 cm. Wat neerkomt op 52 planten per m<sup>2</sup> bedoppervlak. In een lysimeter stonden totaal 224 planten of omgerekend per m<sup>2</sup> lysimeter (kas) 35 planten. In de bakken op de weegschalen stonden 15 planten per bak. Om de gegevens van de evapotranspiratie onderling en ten opzichte van andere gewassen te kunnen vergelijken zijn de gegevens berekend per m<sup>2</sup> gewas (bed) oppervlak. De klimaatsregeling werd in de drie kasafdelingen zo goed mogelijk ingesteld en kwam min of meer overeen met in de praktijk gebruikelijke regelingen. Gedurende de dag (lichtperiode) varieerde de temperatuur in het begin van de teelt tussen de 21 à 24 °C en zakte geleidelijk aan naar 17 à 18 °C aan het einde van de teelt. Gedurende de nacht varieerde de temperatuur in het begin tussen de 16 à 19 °C en zakte geleidelijk naar 14 à 17 °C aan het einde van de teelt.

### 2.2. Proefopzet en proefverloop

De werkwijze met de lysimeters en weegschalen was ongewijzigd ten opzichte van eerder verricht verdampingsonderzoek in de lysimeterkas (Hamaker, 1978; de Graaf, 1978). De vochtvoorziening aan de planten in de lysimeters vond plaats via druppelbevoeiing. De grootte van de meestal dagelijkse watergift werd aanvankelijk met de hand ingesteld en vanaf september door middel van een tijdsklok. Hierbij werd rekening gehouden met de plantgrootte, de drainafvoer en de hoeveelheid globale straling. Buiten de lysimeters vond de watervoorziening plaats via één breedspoeiende regenleiding per bed. De regenleiding was onder het gewas op de grond aangebracht. De grond in de lysimeterbakken en buiten de proef werd van te voren op het gewenste voedingsniveau gebracht. Indien nodig werden tijdens de teelt met het gietwater nog voedingszouten meegegeven. De grond (veensubstraat) in de bakken op de weegschalen werd niet

afgedekt, zodat de geregistreerde gewichtsveranderingen vooral in het begin het gevolg waren van evapotranspiratie door planten en grond. De planten in de bakken bedekten echter vrij spoedig het gehele bakoppervlak, waardoor vanaf dat moment de evapotranspiratie voor het grootste deel bestond uit transpiratie door de planten. De grond in de bakken werd van te voren bemest en een enkele keer van water met een mestoplossing voorzien.

De groei en ontwikkeling van de planten in de lysimeters en in de bakken op de weegschalen waren goed vergelijkbaar met de buiten de proef geteelde planten en waren vergelijkbaar met een gewas onder praktijkomstandigheden.

### 3. Bespreking van de resultaten

#### 3.1. Waterverbruik

De resultaten van de metingen van het totale waterverbruik met de lysimeters en de planten op weegschalen worden besproken aan de hand van figuur 1 en 2 en tabel 1a en b. Onder punt 3.2. zal in meer detail worden ingegaan op de gewasverdamping. Figuur 1 heeft betrekking op het gemiddelde van de drie lysimeters. Uit figuur 1 blijkt dat de watergift, de drainafvoer en in het bijzonder het waterverbruik niet altijd even regelmatig verliepen. Dit houdt in dat er wellicht verschillen in vochtberging zijn opgetreden. Het beeld van het verloop van het waterverbruik wijkt ook wat af van het beeld dat bij eerder soortgelijk verdampingsonderzoek werd waargenomen (Hamaker, 1978; de Graaf, 1978). Voor een teelt die plaatvindt in een periode met afnemende daglengte is in het algemeen een verloop volgens een S-vormige curve karakteristiek. In figuur 2 zijn gegevens betreffende de gemiddelde cumulatieve evapotranspiratie per dag (lichtperiode), per nacht en per etmaal van de planten op de weegschalen vermeld. Het beeld van de cumulatieve evapotranspiratiecurve per etmaal en nog meer het beeld van de evapotranspiratiecurve per dag komen wel overeen met een S-vormige curve. Vergelijking van de cumulatieve evapotranspiratie per etmaal met de cumulatieve evapotranspiratie per dag laat zien dat de afname van de evapotranspiratie gedurende de dag, in het bijzonder tijdens de periode oktober november, voor een groot deel werd gecompenseerd door de toename van de evapotranspiratie gedurende de nacht. Hierdoor was de afname van de evapotranspiratie per etmaal dan ook geringer dan op grond van de afname van de straling was te verwachten. Uit het verloop van de cumulatieve evapotranspiratie gedurende de nacht blijkt dat deze evapotranspiratie vanaf het begin van de teelt geleidelijk aan toe bleef nemen ten gevolge van de langere nachten en de toenemende invloed van stoken op de evapotranspiratie. In tabel 1a en b zijn voor de lysimeters en de weegschalen gegevens betreffende de waterbalans en de hieruit berekende evapotranspiratie voor de gehele teelt en gemiddeld per etmaal vermeld. Bij de weegschalen is bovendien onderscheid gemaakt tussen de evapotranspiratie gedurende de dag (lichtperiode) en de nacht. Zoals uit tabel 1a blijkt varieerde de evapotranspiratie van de drie lysimeters onderling enigszins. Het verschil tussen lysimeter 1 en 3 bedroeg bijvoorbeeld 13%. Dit verschil kwam vooral de laatste maand van de teelt tot stand. Een verklaring voor deze verschillen die ook bij eerdere verdampingsmetingen met de lysimeters werden waargenomen, werd (nog) niet gevonden. Factoren die mogelijk van invloed waren op de verschillen in (totale) evapotranspiratie tussen de lysimeters onderling kunnen bijvoorbeeld verschillen in plantmateriaal en/of klimaat zijn geweest. In hoeverre verschillen in plantmateriaal werkelijk een rol hebben gespeeld is moeilijk na te gaan. Er onstond in de laatste maand van de teelt bij de lysimeters wel enig onderling verschil in plantlengte, maar dit ging niet samen met de geconstateerde verschillen in evapotranspiratie. De klimaatsregeling werd gecontroleerd met thermo-

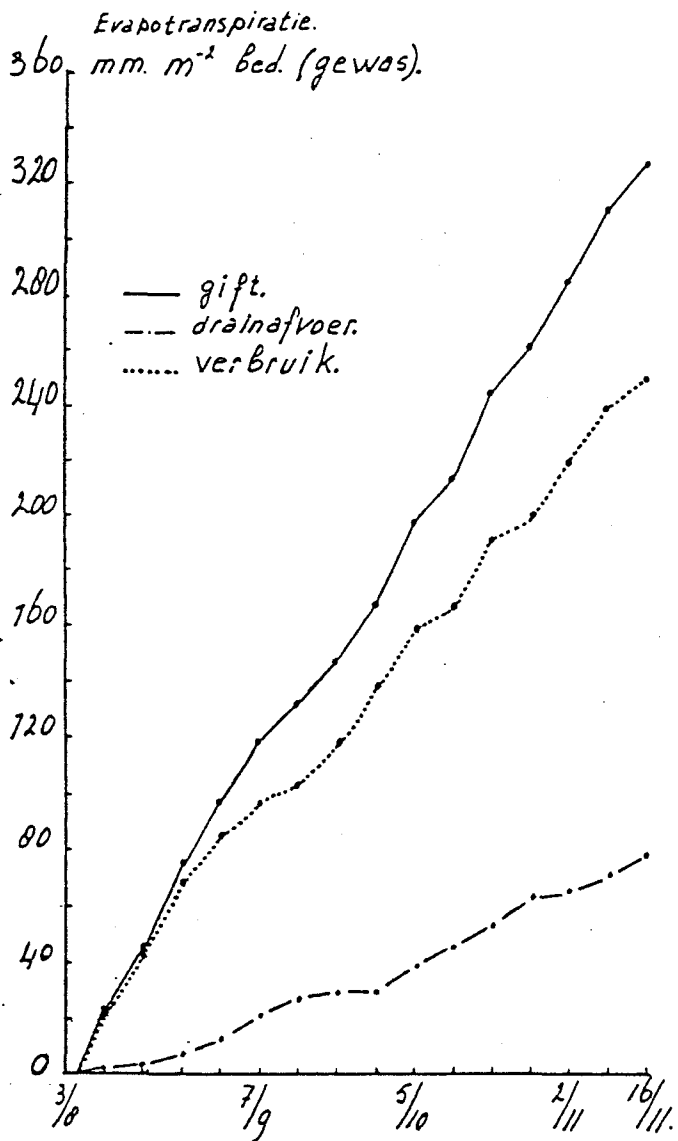


Fig.1: Verloop van de cumulatieve watergift, drainafvoer en het waterverbruik van de chrysanten in de lysimeters (gem. 1, 2 en 3)

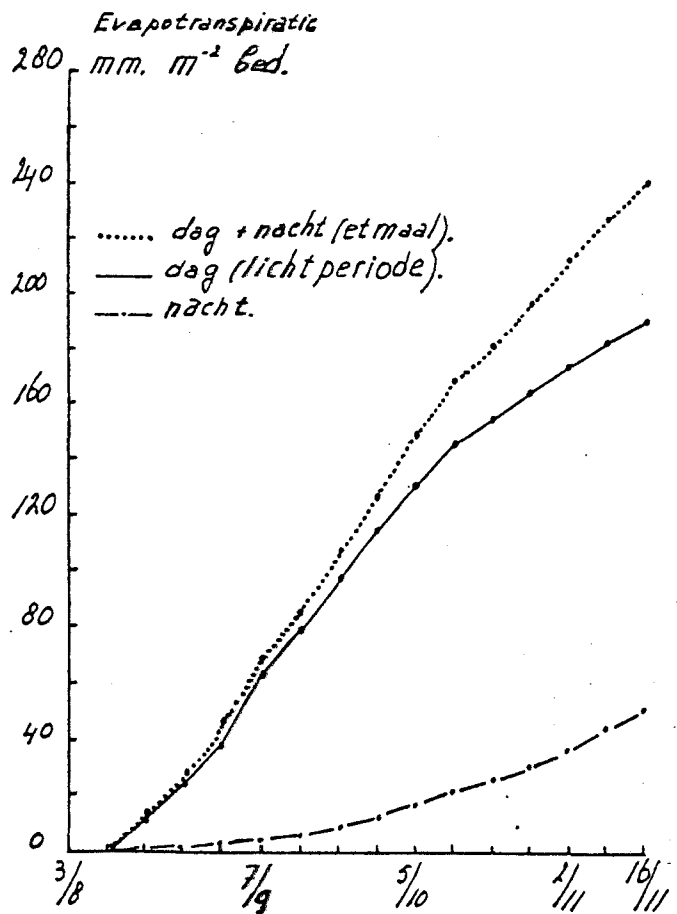


Fig.2: Verloop van de cumulatieve evapotranspiratie van chrysant 1980 (gem. weegschaal 1, 2 en 3)

Tabel 1a Waterbalans chryasant voor de lysimeters

object	mm gift		mm drainafvoer		mm verbruik		mm gewasopname		mm evapotranspiratie		percentage doorspoelen
	totaal	gem. etmaal <sup>-1</sup>	totaal	gem. etmaal <sup>-1</sup>	totaal	gem. etmaal <sup>-1</sup>	totaal	gem. etmaal <sup>-1</sup>	totaal	gem. etmaal <sup>-1</sup>	
lysim. 1	307	3.0	71	0.7	236	2.4	4.3	0.04	232	2.2	23%
lysim. 2	336	3.3	90	0.9	246	2.4	4.6	0.04	241	2.4	27%
lysim. 3	338	3.3	73	0.7	265	2.7	4.3	0.04	261	2.5	22%
gem. 1.2 3	327	3.2	78	0.8	249	2.5	4.4	0.04	245	2.4	24%

Tabel 1b Waterbalans chryasant voor de weegschalen.

object	mm gift		mm gewas opname		mm evapotranspiratie		mm evapotranspiratie daglicht		mm evapotranspiratie nacht		percentage nacht t.o.v. etmaal
	totaal	gem. etmaal <sup>-1</sup>	totaal	gem. etmaal <sup>-1</sup>	totaal	gem. etmaal <sup>-1</sup>	totaal	gem. dag <sup>-1</sup>	totaal	gem. nacht <sup>-1</sup>	
weegschaal 1	234	2.4	4.9	0.05	229	2.4	182	1.9	47	0.5	21%
weegschaal 2	246	2.5	5.1	0.05	241	2.5	191	2.0	50	0.5	21%
weegschaal 3	261	2.7	5.1	0.05	256	2.6	199	2.1	57	0.6	22%
gem 1.2.3	247	2.6	5.0	0.05	242	2.5	191	2.0	51	0.5	21%

hygrografen. Het temperatuurverloop van de drie afdelingen viel niet altijd samen. Onderlinge temperatuurverschillen tot 1.5 °C kwamen voor, maar van enig systematisch verband was geen sprake. In luchtvochtigheid kwamen tussen de afdelingen verschillen tot 10% voor, maar ook hierbij was er geen sprake van enig duidelijk verband met verschillen in evapotranspiratie. Het is echter de vraag of de verschillen in luchtvochtigheid betrouwbaar waren af dat deze een gevolg waren van afwijkingen van de hygrografen.

Het gemeten percentage van gemiddeld 24% doorgespoeld water komt goed overeen met de berekende extra watergift van 20 à 25% om tijdens de teelt door te spoelen.

De totale evapotranspiratie gemeten met de drie weegschalen vertoont, zoals uit tabel 1b blijkt, onderling ook enig verschil. De verschillen zijn ongeveer gelijk aan de onderlinge verschillen tussen de lysimeters. Het verschil tussen weegschaal 1 en 3 bedraagt bij voorbeeld 12%. Een verklaring voor dit verschil is eveneens niet zonder meer te geven. De verschillen in evapotranspiratie ontstonden de laatste zes weken van de teelt, zodat het vanaf het begin van de teelt geconstateerde geleidelijk groter wordende verschil in plantlengte van de chrysantenplanten op weegschaal 3 in vergelijking met de chrysantenplanten op de twee andere weegschalen geen afdoende verklaring geeft. Voor de klimaatregeling geldt hetzelfde als wat reeds opgemerkt is over de evapotranspiratieverschillen met de lysimeters. De totale evapotranspiratie gemeten met de weegschalen verschilde zeer weinig met de totale evapotranspiratie gemeten met de lysimeters. Gemiddeld evapotranspireerden de planten op de weegschalen 1,2% minder dan de planten in de lysimeters.

Overdag waren de onderlinge verschillen in evapotranspiratie gemeten met de weegschalen kleiner dan de onderlinge verschillen per etmaal. Dit kwam doordat gedurende de nacht de onderlinge verschillen in verhouding vrij groot waren. Het verschil tussen weegschaal 1 en 3 bedroeg zelfs 21%.

Gemiddeld per drie weegschalen vond voor de gehele teelt 21% van de totale evapotranspiratie gedurende de nacht plaats. Dit percentage ligt circa 7% lager dan het percentage dat werd gemeten bij een herfstchrysantenteelt in 1972 (de Graaf 1982). Indien we rekening houden met het feit dat we te maken hadden met een herfstchrysantenteelt, waarbij sprake was van een toenemende plantlengte en een toenemende stookinvloed op de evapotranspiratie kan worden geconcludeerd dat chrysanten gedurende de nacht bijzonder veel kunnen verdampen. Gemiddeld per nacht bedroeg de evapotranspiratie dan ook 0.5 mm. Voor een stooktomatengewas bedroeg dit "slechts" 0.2 mm of 9% van de totale etmaal evapotranspiratie (de Graaf, 1978).

Gezien de goede groei en ontwikkeling van zowel de planten in de lysimeters als de planten op de weegschalen mogen we aannemen dat de gemeten evapotranspiratiegegevens representatief zijn voor de evapotranspiratie van een chrysantengewas onder praktijkomstandigheden.

### 3.2. Verloop van de evapotranspiratie

In figuur 3 wordt in meer detail ingegaan op de evapotranspiratie. In deze figuur is de gemiddelde evapotranspiratie overdag, s'nachts en per etmaal over opéénvolgende perioden van zeven dagen voor de drie weegschalen weergegeven. Bij de beoordeling van figuur 3 moet bedacht worden dat deze figuur alleen het verloop van de evapotranspiratie in grote lijnen toont. De van dag tot dag sterk wisselende omstandigheden in de kas komen, door het middelen van de gegevens over opéén volgende perioden van zeven dagen in de figuur niet tot uiting. Uit het verloop van de evapotranspiratie overdag en per etmaal blijkt dat aanvankelijk de groei en ontwikkeling van het gewas overheersten waardoor de evapotranspiratieintensiviteit toenam. De grootste evapotranspiratieintensiviteit werd vier weken na het planten bereikt en viel samen met een periode



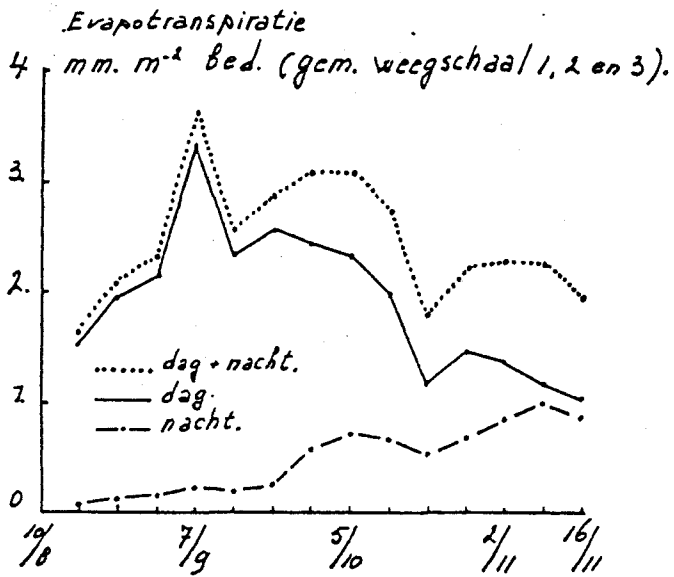


Fig. 3: Verloop van de gemiddelde evapotranspiratie van chry-sant, gemiddeld over perio-den van een week.

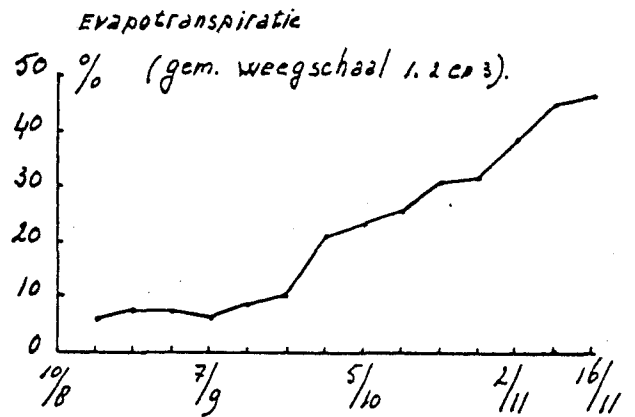


Fig. 4: Verloop van de evapotranspi-ratie gedurende de nacht in procenten van de evapotran-piratie per etmaal.

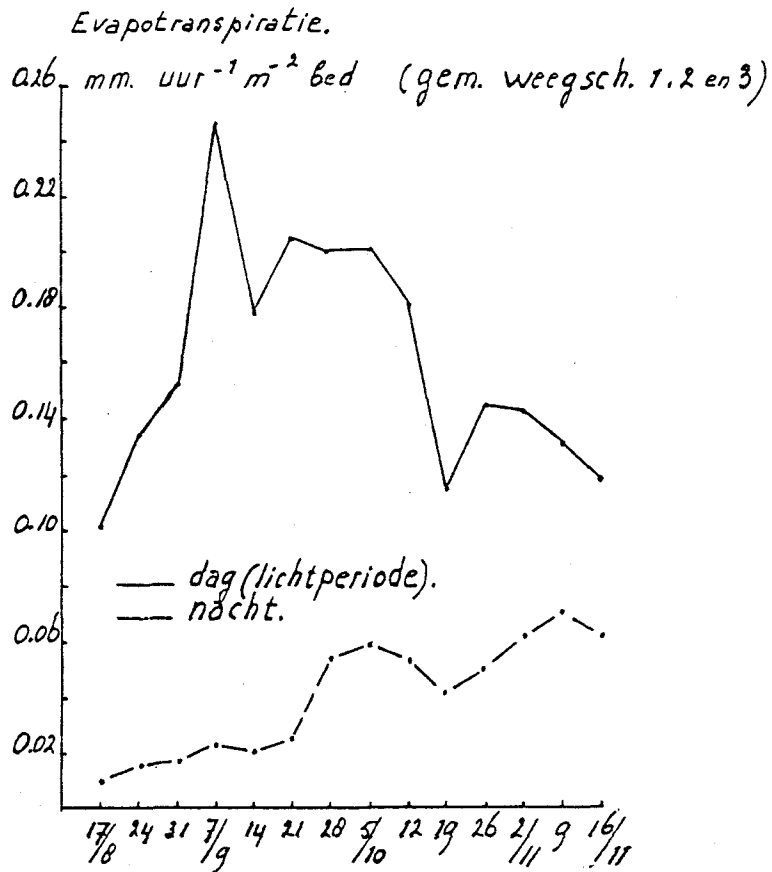


Fig. 5: Verloop van de gemiddelde evapotranspiratie per uur van chry-sant.

met gemiddeld de hoogste stralingsintensiviteit. Het gewas was toen (of mogelijk nog iets eerder) volgroeid in de zin dat de hoogste bodembedekkingsgraad en stralingsinterceptie werd bereikt. Vanaf dat moment overheersten de afnemende daglengte en straling waardoor de evapotranspiratie daalde.

Het verloop van de evapotranspiratie gedurende de nacht toont een ander beeld dan overdag. Hier zien we vanaf het begin tot het einde van de teelt een stijging van de evapotranspiratie onder invloed van de toename van de nachtlengte, de hoeveelheid met stoken in de kas gebrachte energie en de plantlengte (c.q. bladmassa). Aan het einde van de teelt was de hoeveelheid evapotranspiratie s'nachts zelf bijna net zo groot als overdag en bedroeg op dat moment circa 1 mm.

Het verloop van de evapotranspiratie per etmaal komt in grote lijnen overeen met die van overdag. Door de relatief geringe evapotranspiratie s'nachts gedurende de eerste zes weken van de teelt was het verschil tussen de evapotranspiratie overdag en per etmaal aanvankelijk nog gering. Daarna werden de verschillen geleidelijk aan groter ten gevolge van de toenemende evapotranspiratie tijdens de nacht. De toename van de evapotranspiratie tijdens de nacht vond vooral plaats na 21 september. Vanaf dat moment werd namelijk flink gestookt; dit in verband met een scherpe overgang van relatief warm naar koud weer en het optreden van japanse roest. Met het verder dalen van de buitentemperatuur gedurende het verloop van de teelt nam ook de met stoken in de kas gebrachte energie verder toe. Uit de waarnemingen blijkt dat de evapotranspiratie van chrysant tijdens de nacht zowel absoluut als in verhouding bijzonder groot is geweest. Werd in de zomermaanden met nog kleine planten slechts 5% van de totale evapotranspiratie gedurende de nacht verdampt, aan het einde van de teelt was dit percentage afgelopen tot 47%. Een overzicht van het verloop van de evapotranspiratie gedurende de nacht in procenten van totale evapotranspiratie per etmaal geeft figuur 4.

Bij de gemiddelde evapotranspiratie overdag is de lengte van de dag (licht) periode mede bepalend voor de grootte van de evapotranspiratie. In figuur 5 is daarom de gemiddelde evapotranspiratie overdag gedeeld door het aantal uren licht en weergegeven in mm per uur. Hetzelfde is gedaan met de gemiddelde evapotranspiratie gedurende de nacht. Eén en ander heeft tot gevolg dat de gemiddelde evapotranspiratie per uur overdag in verhouding minder afnam naarmate het seizoen vorderde dan de gemiddelde evapotranspiratie per dag (lichtperiode). Voor de gemiddelde evapotranspiratie per uur gedurende de nacht gold dat de toename in verhouding kleiner was dan de toename van de gemiddelde evapotranspiratie per nacht. Kan bij vergelijking van de gemiddelde evapotranspiratie per dag (lichtperiode) met de gemiddelde evapotranspiratie per nacht worden gesteld dat aan het einde van de teelt het verschil tussen beide nog maar gering was, bij de gemiddelde evapotranspiratie per uur was het verschil daarentegen ook aan het einde van de teelt nog behoorlijk groot. De evapotranspiratie per uur gedurende de nacht bedroeg toen 53% van de evapotranspiratie per uur gedurende de dag (lichtperiode). De evapotranspiratie per nacht bedroeg aan het einde van de teelt 87% van de evapotranspiratie per dag (lichtperiode).

### 3.3. Verband tussen globale straling en evapotranspiratie

In figuur 6 is als voorbeeld de evapotranspiratie van de planten op weegschaal 3 uitgezet tegen de globale straling. De punten in de figuur hebben betrekking op waarnemingen van 24 uur. Er is onderscheid gemaakt in een viertal perioden, waardoor de invloed van de plantlengte de afnemende straling en de toenemende hoeveelheid stoken in beeld kan worden gebracht. De eerste twee perioden hebben betrekking op de nog onvolgroeide

Evapotranspiratie.

6 mm. etmaal<sup>-1</sup> m<sup>-2</sup> Bed.

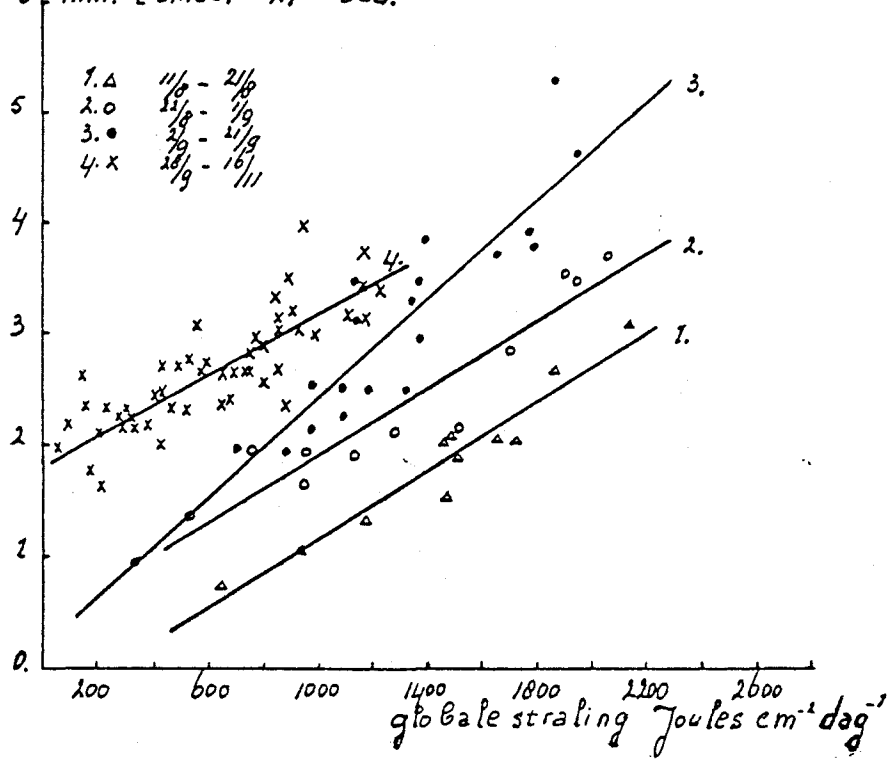


Fig. 6: Verband tussen de globale straling en de evapotranspiratie per etmaal van de chrysantenplanten op weegschaal 3.

Evapotranspiratie.

6 mm. dag<sup>-1</sup> (lichtperiode) m<sup>-2</sup> Bed.

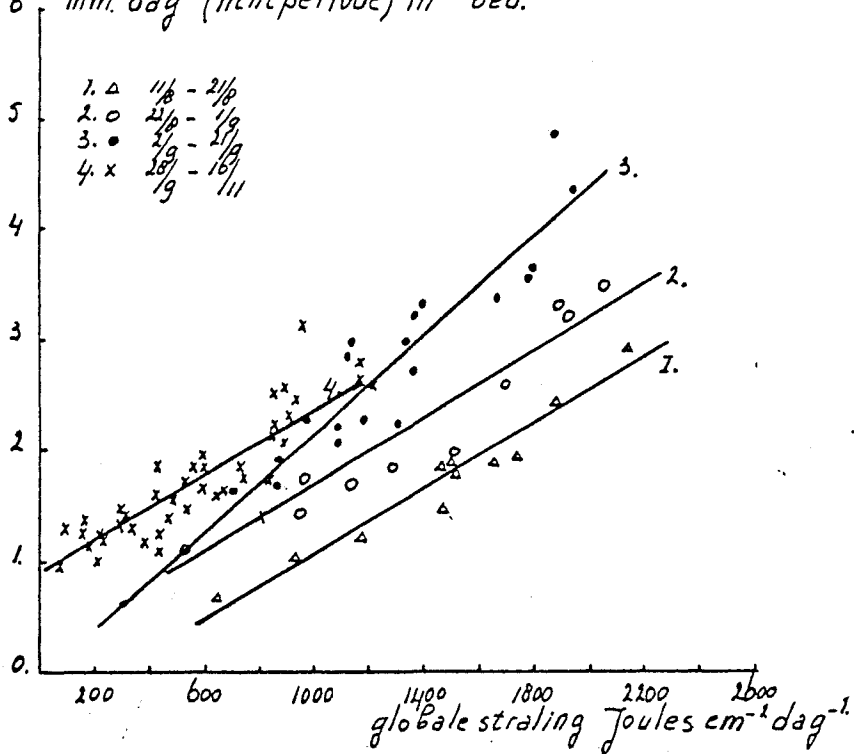


Fig. 7: Verband tussen de globale straling en de evapotranspiratie per dag (lichtperiode) van de chrysantenplanten op weegschaal 3.

planten. Bij elk van deze twee perioden hoort een bepaalde gemiddelde plantlengte. Na 1 september vond bij een plantlengte van circa 30 cm geen verdere toename van de evapotranspiratie bij een gevege hoeveelheid straling meer plaats, hoewel de plantlengte toenam tot 95 cm. Voor de chrysantenplanten op de weegschaal werd kennelijk bij een plantlengte van circa 30 cm, bij een plantdichtheid van 52 planten per m<sup>2</sup> bed, een toestand bereikt waarbij de stralingsinterceptie maximaal was geworden. Na zeven september nam de globale straling gemiddeld sterk af. Uit de waarnemingen van de vierde periode vermeld in figuur 6 blijkt dat vanaf het moment dat er werd gestookt (21 september) de evapotranspiratie sterk toenam. Het verschil tussen de waarnemingen van de derde periode waarin niet werd gestookt en de vierde periode nam naar mate het seizoen vorderde beduidend toe. Aan het einde van teelt bij relatief weinig straling bedroeg het verschil ruim één mm.

Bij de bespreking van het verband tussen de globale straling en de evapotranspiratie is tot nu toe steeds uitgegaan van de evapotranspiratie per etmaal. In figuur 7 is de globale straling uitgezet tegen de evapotranspiratie per dag (lichtperiode). De regressielijnen van de eerste twee perioden in figuur 7 zijn bijna gelijk aan die van de eerste twee perioden vermeld in figuur 6. Tijdens de derde periode werd het verschil groter, maar in het bijzonder tijdens de vierde periode was er een vrij groot verschil tussen de regressielijn vermeld in figuur 6 en figuur 7. Dit verschil werd veroorzaakt door de toename in nachtlengte, maar vooral door de toenemende invloed van stoken op de evapotranspiratie gedurende de nacht. Aan het einde van de teelt in een periode met overdag weinig straling en s'nachts een vrij grote stookinvloed bedroeg het verschil 1 mm. De aanvankelijk nog klein maar later vrij grote verschillen blijken ook uit de in tabel 2a vermelde regressievergelijkingen. In genoemde tabel zijn tevens de gegevens van de planten op de twee overige weegschalen vermeld. De vergelijkingen zijn gegeven met de straling uitgedrukt in de gebruikelijke éenheden in Joules per cm<sup>2</sup> en in de met de straling equivalente hoeveelheden latente warmte in mm per dag (R\*).

Tussen de weeksom van de globale straling en de evapotranspiratie gemeten met de lysimeters kon geen betrouwbaar verband worden vastgesteld. Naar later bleek werd dit veroorzaakt door plotselinge sterke veranderingen in luchtdruk. De afvoer of aanvoer van (drain)water werden zonder dat dit verband hield met een teveel of tekort aan water in de lysimeters beïnvloed door veranderingen van de luchtdruk. Dit verschijnsel lijkt in de loop van de jaren steeds meer merkbaar te zijn geworden (Westra 1983).

Tabel 2a Regressievergelijkingen voor het verband tussen de evapotranspiratie (E) per etmaal van de planten op de weegschaal en de globale straling (R)

weegschaal 1.

Periode	gemiddelde plantlengte	E : mm etmaal <sup>-1</sup> ; R: Joules cm <sup>-1</sup> dag <sup>-1</sup>	r
1. 11/8-21/8	12 cm	E= 1.534 x 10 <sup>-3</sup> R - 0.43	0.95
2. 22/8- 1/9	22 cm	E= 1.526 x 10 <sup>-3</sup> R + 0.25	0.95
3. 2/9-21/9	50 cm	E= 2.283 x 10 <sup>-3</sup> R + 0.12	0.92
4. 28/9-16/11	86 cm	E= 1.664 x 10 <sup>-3</sup> R + 1.18	0.93

1. 11/8-21/8	12 cm	E= 0.382 R* - 0.43	0.95
2. 22/8- 1/9	22 cm	E= 0.380 R* + 0.25	0.95
3. 2/9-21/9	50 cm	E= 0.568 R* + 0.12	0.92
4. 28/9-16/11	86 cm	E= 0.417 R* + 1.18	0.93
R* (mm etmaal <sup>-1</sup> ) = 4.02 x 10 <sup>-3</sup> R (Joules cm <sup>-2</sup> dag <sup>-1</sup> )			

Tabel 2b

Weegschaal 2.

periode	gemiddelde plantlengte	E : mm etmaal <sup>-1</sup> ; R: Joules cm <sup>-1</sup> dag <sup>-1</sup>	r
1. 11/8-21/8	12 cm	E= 1.474 x 10 <sup>-3</sup> R - 0.36	0.96
2. 22/8-1 /9	22 cm	E= 1.485 x 10 <sup>-3</sup> R + 0.29	0.94
3. 2/9-21/9	50 cm	E= 2.133 x 10 <sup>-3</sup> R + 0.23	0.90
4. 28/9-16/11	87 cm	E= 1.535 x 10 <sup>-3</sup> R + 1.49	0.90

1. 11/8-21/8	12 cm	E= 0.367 R* - 0.36	0.96
2. 22/8- 1/9	22 cm	E= 0.369 R* + 0.29	0.94
3. 2/9-21/9	50 cm	E= 0.507 R* + 0.23	0.90
4. 28/9-16/11	87 cm	E= 0.369 R* + 1.49	0.90
R* (mm etmaal <sup>-1</sup> ) = 4.04 x 10 <sup>-3</sup> R (Joules cm <sup>-2</sup> dag <sup>-1</sup> )			

Tabel 2c.

Weegschaal 3.

periode	gemiddelde plantlengte	E: mm etmaal <sup>-1</sup> ; R: Joules cm <sup>-2</sup> dag <sup>-1</sup>	r
1. 11/8-21/8	11 cm	E= 1.555 x 10 <sup>-3</sup> R - 0.41	0.96
2. 22/8- 1/9	25 cm	E= 1.497 x 10 <sup>-3</sup> R + 0.39	0.94
3. 2/9-21/9	54 cm	E= 2.258 x 10 <sup>-3</sup> R + 0.19	0.92
4. 28/9-16/11	92 cm	E= 1.326 x 10 <sup>-3</sup> R + 1.84	0.94

1. 11/8-21/8	11 cm	E= 0.387 R* - 0.41	0.96
2. 22/8- 1/9	25 cm	E= 0.372 R* + 0.39	0.94
3. 2/9-21/9	54 cm	E= 0.562 R* + 0.19	0.92
4. 28/9-16/11	92 cm	E= 0.330 R* + 1.84	0.94

R\* (mm etmaal<sup>-1</sup>) = 4.02 x 10<sup>-3</sup> R (Joules cm<sup>-2</sup> dag<sup>-1</sup>)

Tabel 3a. Regressievergelijkingen voor het verband tussen de evapotranspiratie (E) per dag (lichtperiode) van de planten op de weegschaal en de globale straling (R).

weegschaal 1.

periode	gemiddelde plantlengte	E: mm. dag <sup>-1</sup> (lichtperiode) R: Joules cm <sup>-2</sup> dag <sup>-1</sup>	r
1. 11/8-21/8	12 cm	E= 1.489 x 10 <sup>-3</sup> R - 0.46	0.96
2. 22/8- 1/9	22 cm	E= 1.500 x 10 <sup>-3</sup> R + 0.13	0.95
3. 2/9-21/9	50 cm	E= 2.220 x 10 <sup>-3</sup> R - 0.01	0.93
4. 28/9-16/11	86 cm	E= 1.818 x 10 <sup>-3</sup> R + 0.34	0.91

1. 11/8-21/8	12 cm	E= 0.370 R* - 0.46	0.96
2. 22/8- 1/9	22 cm	E= 0.373 R* + 0.13	0.95
3. 2/9-21/9	50 cm	E= 0.552 R* - 0.01	0.93
4. 28/9-16/11	86 cm	E= 0.452 R* + 0.34	0.91

R\* (mm dag<sup>-1</sup>) = 4.02 x 10<sup>-3</sup> R (Joules cm<sup>-2</sup> dag<sup>-1</sup>)

tabel 3b  
weegschaal 2.

periode	gemiddelde plantlengte	E: mm dag <sup>-1</sup> (lichtperiode) R: Joules cm <sup>-2</sup> dag <sup>-1</sup>	r
1. 11/8-21/8	12 cm	E= 1.397 x 10 <sup>-3</sup> R - 0.35	0.96
2. 22/8- 1/9	22 cm	E= 1.475 x 10 <sup>-3</sup> R + 0.14	0.95
3. 2/9-21/9	50 cm	E= 2.112 x 10 <sup>-3</sup> R + 0.01	0.91
4. 28/9-16/11	87 cm	E= 1.578 x 10 <sup>-3</sup> R + 0.70	0.91

1. 11/8-21/8	12 cm	E= 0.348 R* - 0.35	0.96
2. 22/8- 1/9	22 cm	E= 0.367 R* + 0.14	0.95
3. 2/9-21/9	50 cm	E= 0.525 R* + 0.01	0.91
4. 28/9-16/11	87 cm	E= 0.393 R* + 0.70	0.91

R\* (mm dag<sup>-1</sup>) = 4.02 x 10<sup>-3</sup> R (Joules cm<sup>-2</sup> dag<sup>-1</sup>)

Tabel 3c  
weegschaal 3.

periode	gemiddelde plantlengte	E: mm dag <sup>-1</sup> (lichtperiode) R: Joules cm <sup>-2</sup> dag <sup>-1</sup>	r
1. 11/8-21/8	11 cm	E= 1.469 x 10 <sup>-3</sup> R - 0.41	0.97
2. 22/8- 1/9	25 cm	E= 1.485 x 10 <sup>-3</sup> R + 0.21	0.95
3. 2/9-21/9	54 cm	E= 2.217 x 10 <sup>-3</sup> R - 0.05	0.94
4. 28/9-10/11	92 cm	E= 1.467 x 10 <sup>-3</sup> R + 0.88	0.88

1. 11/8-21/8	11 cm	E= 0.365 R* - 0.41	0.97
2. 22/8- 1/9	25 cm	E= 0.369 R* + 0.21	0.95
3. 2/9-21/9	54 cm	E= 0.552 R* - 0.05	0.94
4. 28/9-16/11	92 cm	E= 0.365 R* + 0.88	0.88

R\* (mm dag<sup>-1</sup>) = 4.02 x 10<sup>-3</sup> R (Joules cm<sup>-2</sup> dag<sup>-1</sup>)

3.4. Verband tussen de  $\Delta t$  maal de nachtlengte en de evapotranspiratie gedurende de nacht

Naast de onder punt 3.3. besproken relatie tussen de globale straling en de evapotranspiratie werd ook het verband tussen het produkt van de  $\Delta t$  in °C maal de nachtlengte in uren en de evapotranspiratie gedurende de nacht bestudeerd ( $\Delta t$  is het verschil tussen de gemiddelde temperatuur binnen de kas en de gemiddelde buitentemperatuur gedurende de nacht). Hierbij werd uitgegaan van de met weegschalen gemeten evapotranspiratie per nacht en de  $\Delta t$  maal de nachtlengte gemiddeld per zeven nachten. Tussen het produkt van de  $\Delta t$  maal de nachtlengte en de evapotranspiratie van chrysant bleek een min of meer logaritmisch verband te bestaan. Eén en ander is weergegeven in figuur 8. De in deze figuur vermelde punten zijn gecorrigeerd op plantgrootte (lengte). Hiervoor werd de gemeten evapotranspiratie vermenigvuldigd met het quotient van de lengte van de "volgroeide" plant (30 cm) en de werkelijke lengte. Er kan geen onderscheid worden gemaakt tussen een aantal deelperioden met de daarbij behorende plantlengten. Ook indien er wordt uitgegaan van gegevens per afzonderlijke nacht kan er geen onderscheid worden gemaakt. Het genoemde logaritmische verband week af van het verband dat werd gevonden tussen de  $\Delta t$  en de transpiratie van aubergine (de Graaf 1982). In dit laatste geval werd een rechtlijnig verband gevonden. Een juiste vergelijking van de verdampingsgegevens gedurende de nacht van beide gewassen is echter niet goed mogelijk, omdat de gemeten transpiratie van de aubergineplanten op de weegschalen niet overeenkwam met de transpiratie van een praktijkgewas. De transpiratie van de genoemde aubergineplanten



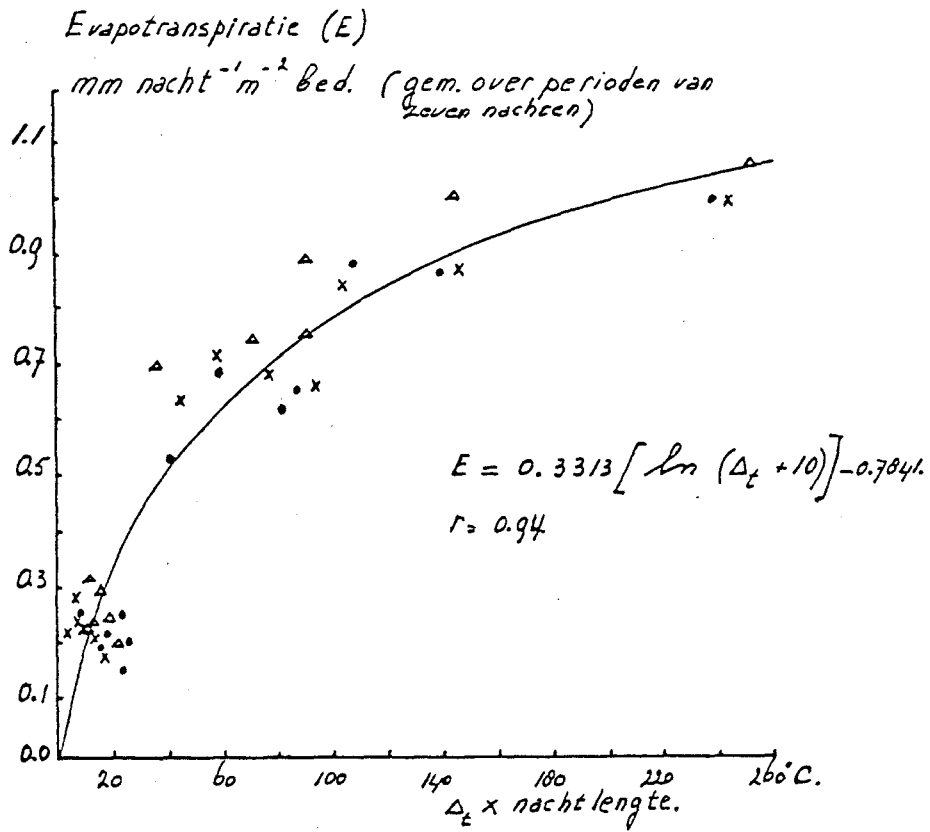


Fig. 8: Verband tussen de  $\Delta_t \times$  nacht lengte (temperatuur binnen min temperatuur buiten vermenigvuldigd met de nacht lengte) en de evapotranspiratie van chrysanthe gedurende de nacht.

bleef duidelijk achter, terwijl de evapotranspiratie van de chrysantenplanten op de weegschaal, maar we kunnen aannemen, op eenzelfde niveau lag als planten geteeld onder praktijkomstandigheden. Het lage transpiratieniveau van het auberginegewas heeft waarschijnlijk ook een bijdrage aan het verschil tussen het verloop van de curven van aubergine en chrysant geleverd. Een eventueel logaritmisch verband kwam bij aubergine mogelijk door het lage transpiratieniveau niet tot uiting. Voor de curve zoals weergegeven in figuur 8 kan de volgende logaritmische functie worden berekend:

$$E_n = 0.3313 [\ln (\Delta t + 10)] - 0.7841. \quad r = 0.94.$$

Waarin  $E_n$  is de evapotranspiratie gedurende de nacht in mm en  $\Delta t$  het verschil tussen de binnen en buiten temperatuur vermenigvuldigd met de nachtlengte in °C. Het min of meer logaritmisch verloop van het verband tussen het produkt van  $\Delta t$  maal aantal uren nacht hangt zeer waarschijnlijk samen met het feit, dat naarmate het buiten kouder is en er harder moet worden gestookt, de verdamping nog wel toeneemt maar er in verhouding een groter deel van de in de kas gebrachte energie gebruikt wordt voor het handhaven van de ingestelde ruimtetemperatuur. Het is echter ook mogelijk dat er verandering optreedt in de verhouding convectie/stralingswarmte in de invloed hiervan op de verdamping. Andere factoren kunnen mogelijk ook een rol hebben gespeeld.

### 3.5. Vergelijking voor de evapotranspiratiebalans

Voor de evapotranspiratie kan de volgende vergelijking worden opgesteld: Evapotranspiratie per etmaal ( $E_{etm.}$ ) is gelijk aan de evapotranspiratie gedurende de dag (lichtperiode) ten gevolge van de globale straling ( $E_{dag.R}$ ) plus de evapotranspiratie gedurende de dag ten gevolge van eventueel stoken ( $E_{dag.S}$ ) plus de evapotranspiratie gedurende de nacht ten gevolge van andere factoren dan stoken ( $E_{nacht.O}$ ) plus de evapotranspiratie ten gevolge van eventueel stoken ( $E_{nacht.S}$ )

Ook gedurende de dag (licht)periode zal er in principe verdamping hebben plaats gevonden ten gevolge van andere factoren dan straling en stoken ( $E_{dag.O}$ ). Uit de gegevens van de verdamping van chrysant overdag kan dit echter niet worden achterhaald.  $E_{dag.O}$  wordt dan ook verder buiten beschouwing gelaten.

De termen van de vergelijking worden uitgedrukt in mm water (zie figuur 9). De evapotranspiratie gedurende de dag geldt van zonsopgang tot zonsondergang en gedurende de nacht van zonsondergang tot zonsopgang. De evapotranspiratiebalansvergelijking kan uit de ter beschikking staande gegevens op de hieronder volgende wijze in onderdelen worden berekend.

Bekend is de evapotranspiratie per etmaal van zowel een periode dat er niet en een periode dat er wel gestookt werd. Voor de periode dat er niet gestookt werd geldt:

$$E_{etmaal} = E_{dag.R} + E_{nacht.O} \quad (1)$$

In de periode dat er wel gestookt werd kwam ( $E_{dag.S}$ ) en ( $E_{nacht.S}$ ) erbij en geldt de volgende vergelijking.

$$E_{etm.} = E_{dag.R} + E_{dag.S} + E_{nacht.O} + E_{nacht.S} \quad (2)$$

Het verschil tussen vergelijking (2) en (1) geeft de evapotranspiratie per etmaal ten gevolge van stoken.

Voor de dag (licht)- en nachtperiode kunnen soortgelijke vergelijkingen worden opgesteld.

Uit de berekende regressielijnen voor het verband tussen de globale straling en de evapotranspiratie is, gemiddeld voor de drie weegschalen, voor vol-groeide chrysanten, de evapotranspiratiebalans per 200 Joules per  $cm^2$  per dag van 0 tot 2 800 Joules per  $cm^2$  per dag berekend en als grafiek in figuur 9 weergegeven. Tot 21 september hebben de gegevens betrekking op de

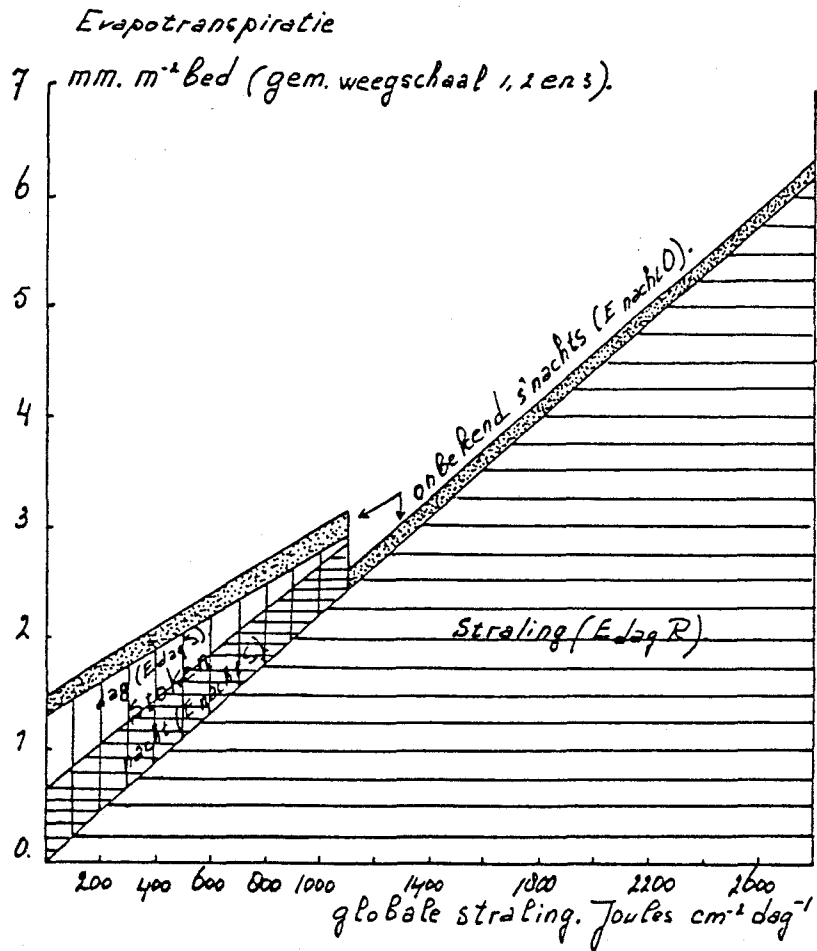


Fig.9: Verband tussen de globale straling, stoken en de evapotranspiratie van chrysant.

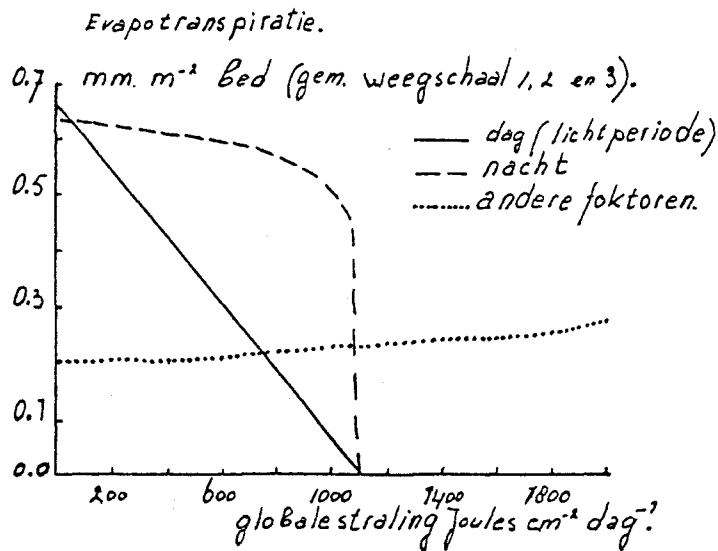


Fig.10: Verband tussen de globale straling en de evapotranspiratie van chrysant ten gevolge van stoken en van andere factoren dan straling en stoken gedurende de nacht.

periode dat er niet werd gestookt, daarna op de periode dat er geleidelijk aan meer werd gestookt. In de periode voor 21 september lag de globale straling gemiddeld boven de 1100 Joules per  $\text{cm}^2$  per dag en in de periode na 21 september lag de globale straling gemiddeld beneden de 1100 Joules per  $\text{cm}^2$  per dag. De in verhouding grote toename van de evapotranspiratie overdag onder invloed van stoken verliep zeer geleidelijk. De invloed van stoken op de evapotranspiratie gedurende de nacht gebeurde zoals vermeld met een sprong van de ene op de andere nacht, terwijl de geleidelijke toename daarna in verhouding vrij gering was. Bij een globale straling van 200 Joules per  $\text{cm}^2$  per dag en lager lag het niveau van de evapotranspiratie gedurende de dag ongeveer gelijk met de nacht.

De periode van 21 september tot en met 28 september was wat stookinvloed betreft min of meer een overgangsfase. De waarnemingen die op deze periode betrekking hebben zijn dan ook buiten beschouwing gelaten.

Bij de beoordeling van figuur 9 dient te worden opgemerkt dat wat de samenhang tussen de globale straling en de evapotranspiratie ten gevolge van stoken betreft alleen opgaat indien de gegevens gemiddeld en over een relatief lange periode worden bekeken. Er bestaat namelijk, door de samenhang tussen seizoen en globale straling (temperatuur) enerzijds en de samenhang tussen seizoen en de mate van stoken anderzijds tevens een samenhang tussen de globale straling en evapotranspiratie ten gevolge van stoken. Deze samenhang is niet aanwezig bij waarnemingen over korte periode.

In figuur 10 is de samenhang tussen de globale straling en de evapotranspiratie ten gevolge van stoken voor de dag en de nacht weergegeven. In deze figuur is tevens het verband tussen globale straling en de evapotranspiratie ten gevolge van andere factoren dan straling en stoken gedurende de nacht vermeld. Zoals uit het verloop van de curve blijkt nam de evapotranspiratie ten gevolge van andere factoren dan straling en stoken toe naarmate de de straling toenam (seizoensinvloed). Absoluut gezien was deze evapotranspiratie echter gering.

### 3.6. Opbrengstgegevens

Van 60 planten per lysimeter, van 20 planten buiten de proef en van 15 planten in de bakken op de weegschalen werd aan het einde van de proef het versgewicht bepaald. Gegevens hierover zijn vermeld in tabel 4, bovendien is het quotient van evapotranspiratie/versgewicht vermeld. Het versgewicht van de planten uit de lysimeters was voor alle drie de afdelingen lager dan het versgewicht van de in de overeenkomstige afdelingen in de bakken op de weegschalen geteelde planten. Gemiddeld bedroeg het verschil in versgewicht tussen de planten uit de lysimeters en de bakken 11.9 gram per plant. Dit verschil in versgewicht hangt waarschijnlijk voor een groot deel samen met de omstandigheid dat de tussen het gewas opgestelde weegschalen voor een deel ook langs het pad stonden. Vijf van de vijftien planten ontvingen hierdoor in verhouding extra licht ten opzichte van de overige planten. De vijf randplanten waren dan ook in het algemeen wat zwaarder dan de andere planten. Er werd ogenschijnlijk geen invloed van de randplanten op de totale evapotranspiratie geconstateerd. Gemiddeld was de evapotranspiratie van de planten in de lysimeters zelfs iets groter dan van de planten op de weegschalen. Het is echter goed mogelijk dat een eventuele extra evapotranspiratie van de randplanten te niet werd gedaan door het achterblijven van de totale evapotranspiratie ten gevolge van het telen in bakken die niet doorgespoeld konden worden. Het evapotranspiratie/versgewichtquotient van de planten op de weegschalen, dat gemiddeld 6.7 lager lag dan van de planten in de lysimeters wijst ook in deze richting.

Tabel 4. Opbrengstgegevens.

object	versgewicht per plant	evapotranspiratie per plant	quotient evapotransp/ versgewicht
Lysimeter 1.	88.6 gram	4474.4 gr.	50.5
" 2.	92.1 "	4648.0 "	50.5
" 3.	87.1 "	5033.8 "	57.8
gemiddeld	89.3 "	4725.2 "	52.9
weegschaal 1.	99.0 "	4416.6 "	44.6
" 2.	102.3 "	4648.0 "	45.4
" 3.	102.5 "	4937.3 "	48.1
gemiddeld	101.3 "	4667.3 "	46.1
buiten de proef 1.	88.0 "	n.v.t.	n.v.t.
" 2.	84.5 "	"	"
" 3.	89.3 "	"	"
gemiddeld	87.3 "	"	"

Opgemerkt dient te worden dat mogelijk ook de omrekeningsfaktor van mm per m<sup>2</sup> lysimeter (kas) naar m<sup>2</sup> gewas van invloed is geweest op het geconstateerde verschil in evapotranspiratie. Tussen het versgewicht van de in de lysimeters geteelde planten en de buiten de proef geteelde planten was weinig verschil aanwezig.

#### 4. Samenvatting en conclusies

De verdamping van herfstchrysanthen werd bestudeerd in de lysimeterkas op het Proefstation te Naaldwijk. In deze lysimeterkas werd in drie afdelingen met elk een lysimeter een wekelijkse waterbalans opgesteld en hieruit de evapotranspiratie berekend. Naast het bepalen van de waterbalans met de lysimeters werd in elke afdeling de evapotranspiratie van 15 planten over korte perioden gemeten met een weegschaal.

De lysimeters gaven over lange perioden bruikbare gegevens over de evapotranspiratie van een herfstchrysanthengewas. Deze gegevens waren weliswaar niet gedetailleerd en werden, wat de korte perioden betreft, nadelig beïnvloed door (plotselinge sterkte) veranderingen in de luchtdruk. Daar stond echter tegenover dat de gemeten totale evapotranspiratie als representatief voor een gewas onder praktijk omstandigheden beschouwd mochten worden. Tussen de drie lysimeters werden verschillen in totale evapotranspiratie geconstateerd. De totale evapotranspiratie voor de periode van circa drie maanden varieerde van 232 tot 261 mm. De onderlinge verschillen kunnen veroorzaakt zijn door geleidelijk aan ontstane groeiverschillen en/of verschillen in kasklimaat tussen de drie kasafdelingen onderling.

Met de weegschalen werden gedetailleerde en met de praktijk overeenkomende metingen betreffende de evapotranspiratie gedurende de dag (lichtperiode) en de nacht verkregen. Ook bij de metingen met de weegschalen werden onderlinge verschillen in totale evapotranspiratie gemeten. Een deel van de verschillen ontstonden gedurende de laatste 4 à 6 weken van de teelt. Onderlinge klimaatsverschillen tussen de afdelingen en/of verschillen in plantmateriaal kunnen hierbij eveneens van invloed zijn geweest. Dit verklaart echter niet alle verschillen. Voor de planten op de weegschalen werd drie à vier weken na het planten

de grootste evapotranspiratie bij een gegeven straling gemeten. Kennelijk was op dat moment, bij een plantlengte van circa 30 cm, de lichtinterceptie door het gewas maximaal.

Hoewel er nauwelijks enig verschil was in de gemiddelde totale evapotranspiratie van de lysimeters en de weegschalen zou dit op toeval kunnen berusten. Mogelijk werd een wat geringer verdamping, veroorzaakt door het telen van planten in bakken met veen, dat niet doorgespoeld kon worden, gecompenseerd door extra verdamping van een deel van de randplanten in de bak.

Tussen de globale straling en de evapotranspiratie gemeten met de planten op de weegschalen werd bij een gegeven plantlengte een lineair verband gevonden. De evapotranspiratie gedurende de nacht bleek samen te hangen met het produkt van de  $\Delta t$  maal de nachtlengte (temperatuur binnen min temperatuur buiten vermenigvuldigd met de nachtlengte). Dit verband verliep volgens een krom lijnige curve.

Voor totale teeltperiode bedroeg het percentage evapotranspiratie dat gemiddeld door de planten op de weegschalen 's nachts plaatsvond 21%. In het begin van de teelt werden percentages van 5 à 10 % gemeten en aan het einde van de teelt 47 %.

Voor de evapotranspiratie per etmaal kon voor de herfstchrysanten een vergelijking worden opgesteld waarbij het aandeel van stoken, straling en andere factoren op de evapotranspiratie gedurende de dag en de nacht kan worden aangegeven (zie figuur 9). De preciese samenhang tussen stoken en evapotranspiratie overdag is nog niet duidelijk. Het is zinvol dit nader te onderzoeken.

Opvallend was de ten opzichte van andere gewassen grote verdamping van chrysant, zowel overdag als gedurende de nacht.

5. Literatuur

Hamaker, Ph. en R. de Graaf 1978. Onderzoek naar de waterhuishouding bij de teelt van paprika's en komkommers in het najaar. Intern verslag nr. 20. Proefstation voor de Groente en fuitteelt onder glas te Naaldwijk.

Graaf, R. 1978. Onderzoek naar de waterhuishouding in het bijzonder het waterverbruik bij een teelt van stooktomaten in 1977. Intern verslag nr. 36. Proefstation voor de Groente- en Fruitteelt onder glas, Naaldwijk.

Graaf, R. 1982. Metingen van de evapotranspiratie bij een vijftal chrysantenteelten in 1972-1974. Intern verslag nr. 28. Proefstation voor Tuinbouw onder glas, Naaldwijk.

Graaf, R. 1982. Onderzoek naar de verdamping van een stookaubergineteelt in 1981. Intern verslag nr. 39. Proefstation voor Tuinbouw onder glas, Naaldwijk.

Westra, R. 1983. De invloed van luchtdrukvariaties op een lysimeterinstallatie. Deelontwerp. T.H. Delft (Hydrologie).