

NN31545.1030

NOTA 1030

I

januari 1978

Instituut voor Cultuurtechniek en Waterhuishouding
Wageningen

ONDERZOEK NAAR DE WATERHUISHOUDING BIJ DE TEELT VAN
PAPRIKA'S EN KOMKOMMERS IN HET NAJAAR

dr. Ph. Hamaker en R. de Graaf*

*Proefstation Naaldwijk

Nota's van het Instituut zijn in principe interne communicatie-
middelen, dus geen officiële publikaties.
Hun inhoud varieert sterk en kan zowel betrekking hebben op een
eenvoudige weergave van cijferreeksen, als op een concluderende
discussie van onderzoeksresultaten. In de meeste gevallen zul-
len de conclusies echter van voorlopige aard zijn omdat het
onderzoek nog niet is afgesloten.
Bepaalde nota's komen niet voor verspreiding buiten het Instituut
in aanmerking



ISBN 164 672 - 01

Deze nota 1030 is ook verschenen als rapport van het Proefstation
te Naaldwijk

I N H O U D

	Blz
1. INLEIDING	1
2. WATERBALANSVERGELIJKING	2
3. ONDERZOEK IN DE LYSIMETERKAS OP HET PROEFSTATION NAALDWIJK	3
3.1. Algemene gegevens	3
3.2. Metingen met lysimeters en weegschalen	3
4. ONDERZOEK OP EEN GLASTUINBOUWBEDRIJF IN HET WESTLAND	6
4.1. Algemene gegevens	6
4.2. Bepaling van de waterhuishouding	6
5. BESPREKING VAN DE RESULTATEN	8
5.1. Waterbalans	8
5.2. Gewasverdamping	11
5.3. Transpiratie en straling	14
5.4. Transpiratie en luchtvochtigheid	20
5.5. Verdamping en watervoorziening	24
6. SAMENVATTING EN CONCLUSIES	30

ISN 164 672 - 01

1. INLEIDING

Bij het onderzoek op het proefstation te Naaldwijk naar het waterverbruik van onder glas geteelde gewassen heeft tot nu toe de nadruk gelegen op de periode van het jaar waarin de hoofdteelten plaatsvinden. Gegevens betreffende teelten die in de periode van juli tot november vallen waren nauwelijks beschikbaar.

In dit verslag worden de resultaten van onderzoekingen naar de waterhuishouding van nateelten van respectievelijk paprika's en komkommers besproken. Voor beide gewassen werd het waterverbruik vastgesteld aan de hand van metingen van de waterbalans. De gegevens voor de paprikateelt werden verzameld in een met lysimeterinstallaties uitgerust kascomplex op het proefstation te Naaldwijk. Daarbij werd onder meer het gedetailleerde verloop van de verdamping van dag tot dag gemeten. Bovendien werden klimaatsgegevens verzameld waardoor het mogelijk werd verbanden te leggen tussen de gewasverdamping en het kasklimaat.

De gegevens voor de komkommerteelt werden ontleend aan een onderzoek naar de water- en mineralenhuishouding op een glastuinbouwbedrijf in het Westland. De bepaling van de waterbalans leverde in dit geval meer problemen op zodat het daaruit afgeleide waterverbruik voor verdamping minder nauwkeurig en gedetailleerd was. Verder werd aandacht besteed aan de samenhang tussen de berekening en het verloop van de drainafvoersnelheid, van de grondwaterstand en van de vochtspanning op verschillende dieptes in het bewortelde profiel.

2. WATERBALANSVERGELIJKING

Bij de onderzoeken in de lysimeterkas en op het glastuinbouwbedrijf stond de bepaling van de waterbalans centraal. De waterbalansvergelijking brengt tot uiting dat de verandering van de vochtberging in de grond (ΔB_w), gerekend over een bepaalde periode, gelijk is aan de beregende hoeveelheid water (R) verminderd met de door het bewortelde profiel gepercoleerde en afgevoerde hoeveelheid (A) en de verdamping (E):

$$\Delta B_w = R - A - E \quad (1)$$

De termen van vergelijking (1) worden uitgedrukt in mm water. De afgevoerde hoeveelheid A kan maar hoeft niet altijd gelijk te zijn aan de drainafvoer D. Bij metingen van de waterbalans met behulp van lysimeters is de grond in de lysimeter hydrologisch gescheiden van de omgeving en dan geldt dat $A = D$ zodat:

$$\Delta B_w = R - D - E \quad (1a)$$

Bij de bepaling van de waterbalans voor een gehele kas echter kan de gemeten drainafvoer tengevolge van kwel of wegzijging afwijken van de door vergelijking (1) gedefinieerde term A. De waterbalansvergelijking is dan:

$$\Delta B_w = R - D^* - K - E \quad (1b)$$

waarbij D^* de meetbare drainafvoer is ($D^* \neq A$) en K de hoeveelheid kwel of wegzijging. Bij wegzijging moet K positief gerekend worden en bij kwel negatief.

3. ONDERZOEK IN DE LYSIMETERKAS OP HET PROEFSTATION NAALDWIJK

3.1. A l g e m e n e g e g e v e n s

Het onderzoek in de lysimeterkas op het proefstation te Naaldwijk vond plaats in het najaar van 1976 tijdens een rassenproef met paprika's. Verschillende aspecten betreffende de waterhuishouding werden bestudeerd met behulp van lysimeters en weegschalen. Hierop wordt nader ingegaan onder 3.2 zodat nu volstaan wordt met enige algemene teeltgegevens. De planten werden gepoot op 20 juli 1976 en de teelt werd beëindigd op 26 november. Er werd gewerkt met vier rijen planten per kap bij een plantafstand van 50 cm. Er werden geen verschillen tussen de drie compartimenten van de lysimeterkas aangelegd. Binnen elk compartiment werden een aantal proefveldjes aangelegd om de opbrengst van de verschillende rassen met elkaar te vergelijken. Als gevolg hiervan stonden in de grondwaterstandslysimeters vier planten van elk van vier verschillende rassen.

De klimaatsregeling week af van de in de praktijk gebruikelijke regeling bij een najaarspaprikateelt. Gedurende praktisch de gehele duur van de teelt werd zowel overdag als 's nachts een buistemperatuur van 30°C gehandhaafd. Als gevolg hiervan was de luchttemperatuur gemiddeld lager dan gebruikelijk in de praktijk. Alleen gedurende de laatste 10 dagen van de teelt werd van het bovenstaande afgeweken. De regeling werd toen ingesteld op handhaving van een dagtemperatuur van 18°C.

3.2. M e t i n g e n m e t l y s i m e t e r s e n w e e g s c h a l e n

Bij het onderzoek in de lysimeterkas werd gebruik gemaakt van niet weegbare lysimeters en weegschalen. De lysimeterinstallaties zijn door HAMAKER (1978) uitvoerig beschreven zodat hier niet op details hoeft te worden ingegaan.

De breedte van de lysimeterbakken was 3,2 m. Dit komt overeen met de kapbreedte van de kas. De lengte van de bak was 2 m. De afstand tussen de paprikaplanten was 50 cm met vier rijen planten per

kap. In totaal stonden er dus 16 planten in de lysimeter. In de lysimeter werd de grondwaterspiegel op 80 cm beneden maaiveld gehandhaafd. Omdat kwel of wegzijging geen rol speelden was vergelijking (1a) van toepassing. Er werden geen metingen in het bewortelde profiel verricht waaruit ΔB_w kon worden afgeleid. Er werd naar gestreefd veranderingen in B_w te minimaliseren door frequente berekening van kleine hoeveelheden water. De berekening vond aanvankelijk om de twee dagen plaats. Vanaf twee weken na de plantdatum werd dagelijks berekend maar tegen het einde van de teelt bleef de berekening op sommige dagen achterwege. De beregende hoeveelheden water werden afgestemd op de waargenomen drainafvoersnelheid gedurende het voorafgaande etmaal.

Buiten de lysimeter vond de berekening plaats door middel van strookberekening maar binnen de lysimeters werd gebruik gemaakt van druppelbevloeiing. Hierdoor werd de mogelijkheid dat een deel van het beregende water buiten de lysimeters terecht kwam uitgesloten. Per plant werden vier druppelslangetjes opgesteld waardoor het bevochtigde grondoppervlak min of meer overeenkwam met dat bij de strookberekening buiten de lysimeter. Doel hiervan was te voorkomen dat de verdamping vanaf het grondoppervlak binnen en buiten de lysimeter verschillend zou zijn.

De beregeningsfrequentie, de beregende hoeveelheden water en de dosering van meststoffen binnen en buiten de lysimeter waren bijna steeds aan elkaar gelijk. De duur van een berekening buiten de lysimeter was echter steeds veel korter in verband met de grotere beregeningsintensiteit bij strookberekening in vergelijking met de druppelbevloeiing. Met het beregende water werd opgeloste kunstmest gedoseerd. De dosering was aanvankelijk 1 g 15-3-15-5 per liter (+ 0,5 atm.). Gedurende de laatste twee weken van de teelt was de dosering 0,5 g/l (+ 0,25 atm.).

Gedetailleerde metingen van de verdamping van twee individuele planten werden uitgevoerd door continue registratie van de gewichtsveranderingen met de tijd. De planten werden in een op een weegschaal geplaatste en met veensubstraat gevulde bak geteeld. De weegschaal was een conventionele weegschaal voor handelsdoeleinden met een maximaal toegestane belasting van 30 kg. Het weegbereik zonder verande-

ring van het contragewicht was 1,0 kg. Binnen dit weegbereik werden de gewichtsveranderingen geregistreerd door een op een draaitrommel schrijvende pen. De pen was daartoe aan een draaiende as van het weegmechanisme gekoppeld.

De horizontale afmetingen van de 12 cm diepe bak op de weegschaal waren 60 cm bij 40 cm. De bak was gevuld met 25 liter spagnumveen, waaraan 5 liter water werd toegevoegd. Na het poten van de plant (ras Rumba) werd het bakoppervlak afgedekt met aluminiumfolie zodat de geregistreerde gewichtsveranderingen vrijwel uitsluitend het gevolg waren van de transpiratie van de plant. De gewichtsveranderingen werden regelmatig aangevuld. Om een continue registratie te verkrijgen dienden de gewichtsverliezen tussen opeenvolgende toedieningen van water steeds binnen het weegbereik van 1,0 kg te blijven. Een gewichtsverandering van 1,0 kg kwam bij een plantdichtheid van $2\frac{1}{2}$ plant/m² overeen met een transpiratie van 2,5 mm/dag. Dit hield in dat aanvankelijk op dagen met veel straling soms meer dan één maal per dag aanvulling met water noodzakelijk was om binnen het weegbereik te blijven. Tijdens de teelt werd met regelmatige tussenpozen het versgewicht van de plant geschat om de grootte van het contragewicht daaraan aan te passen.

Om te kunnen wegen diende de bak met de plant vrij te bewegen. Het was daarom niet mogelijk de positie van de plant in alle opzichten overeen te doen komen met die van de planten in de kas. Omdat de weegschaal niet werd ingegraven stond de plant bovendien ca. 20 cm hoger opgesteld dan de omringende planten in de kas.

Voor de watervoorziening van de plant op de weegschaal werd uitgegaan van ontzout water waarin 1 g 15-3-15-5 per liter werd opgelost. Later werd de concentratie verlaagd tot 0,5 g/l. Er vond geen doorspoeling plaats.

4. ONDERZOEK OP EEN GLASTUINBOUWBEDRIJF IN HET WESTLAND

4.1. A l g e m e n e g e g e v e n s

De gegevens voor de komkommerteelt op een praktijkbedrijf werden verzameld in het kader van een onderzoek naar de water- en mineralenhuishouding in de glastuinbouw. De opzet van dit onderzoek is elders uitvoerig beschreven (HAMAKER en VAN BEUSEKOM, 1977). Hier komen alleen de aspecten betreffende de waterhuishouding ter sprake.

De teelt vond plaats gedurende de periode van 10 augustus tot 10 november 1976 met het ras Uniflora D. De plantafstand was 50 cm. Met twee rijen planten per kap kwam dit neer op gemiddeld $1\frac{1}{2}$ plant per m^2 . Bij een plantlengte van 2 m (hoogte van de draad) werd de kop verwijderd waarna twee zijranken werden aangehouden.

Vóór de aanvang van de teelt vond zoutuitspoeling plaats waarna een voorraadbemesting werd toegepast. De aangehouden dag- en nachttemperaturen waren respectievelijk $25^{\circ}C$ en $20^{\circ}C$, hetgeen als normaal voor een herfstteelt van komkommers beschouwd kan worden.

4.2. B e p a l i n g v a n d e w a t e r h u i s h o u d i n g

De metingen op het praktijkbedrijf waren in de eerste plaats gericht op de bepaling van de termen van de waterbalansvergelijking.

Omdat kwel en wegzijging konden optreden was vergelijking (1b) van toepassing. Het verschil in hoogteligging van de drains en het peil in aangrenzende sloten was echter klein zodat slechts een relatief geringe kwel of wegzijging verwacht mochten worden.

Het drainagesysteem van het totale kasoppervlak van 11 000 m^2 was aangesloten op een onderbemalingspunt. Hierdoor was het mogelijk de drainafvoerterm D^* te berekenen aan de hand van de continu geregistreerde gegevens betreffende de draai- en rusttijden van de onderbemalingspomp.

De berekening vond plaats door middel van breedsproeiende regenleidingen welke onder het gewas op ca. 10 cm boven maaiveld lagen. In dit geval werden zowel de teeltstroken als de looppaden beregend. Er lag één regenleiding per twee rijen planten. De draai-uren van de

gietpomp werden automatisch geregistreerd. De berekeningen van de berekeningsterm R en de drainafvoer D^* uit de meetgegevens zijn elders in detail beschreven (HAMAKER en VAN BEUSEKOM, 1977).

Naast de noodzakelijke metingen voor de berekening van de termen R en D^* werden nog andere op de waterhuishouding betrekking hebbende metingen verricht. Zo werd het verloop van de grondwaterstand in een verticaal geplaatste buis continu geregistreerd met behulp van een op het grondwater drijvende en met een niveauschrijver verbonden vlotter. Het verloop van de vochtspanning werd op twee plaatsen op het bedrijf gemeten in de periode van 20 september tot het einde van de teelt. De metingen werden uitgevoerd met een tensiometer-drukopnemersysteem (HAMAKER, 1976). Op beide meetplaatsen werden vier tensiometers geïnstalleerd op respectievelijk 10, 20 en 40 cm beneden maaiveld. De metingen werden normaliter dagelijks één tot drie keer verricht.

5. BESPREKING VAN DE RESULTATEN

5.1. Waterbalans

De resultaten van de metingen van de waterbalans worden hier in grote lijnen besproken aan de hand van de fig. 1 en 2. Onder 5.2, 5.3 en 5.4 zal nader worden ingegaan op de gewasverdamping.

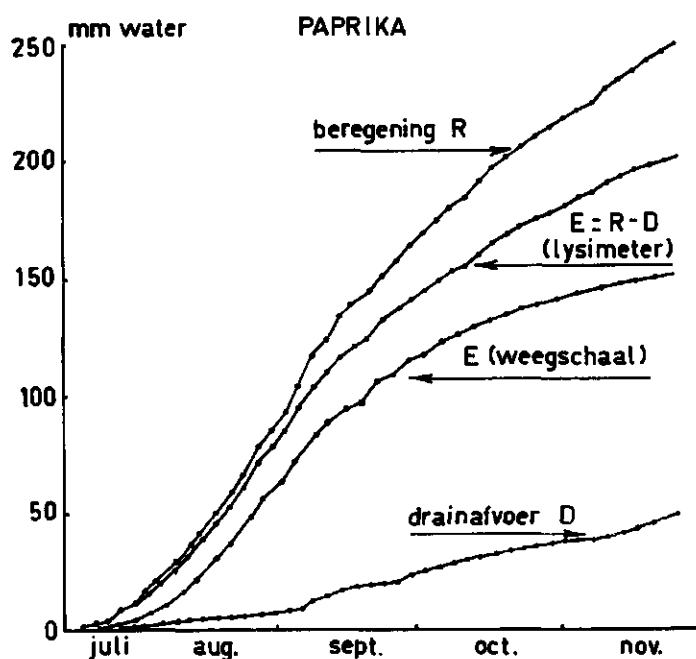


Fig. 1. Gegevens betreffende de waterhuishouding bij de paprikateelt in de lysimeterkas

Fig. 1 heeft betrekking op de paprikateelt. De cumulatieve berekening R en drainafvoer D evenals het verschil $(R - D)$ zijn in de figuur uitgezet. Deze gegevens hadden betrekking op de lysimeter in het middelste compartiment, verder aangeduid als afdeling II, van de lysimeterkas. Uit fig. 1 blijkt dat zowel de aanvoer als de afvoer van water gelijkmatig verliepen. Dit hield in dat geen grote veranderingen in de vochtberging B_w optraden tijdens de teelt zodat het cumulatieve verschil $(R - D)$ in overeenstemming met vergelijking (1a) gelijk gesteld mocht worden aan de cumulatieve evapotranspiratie E.

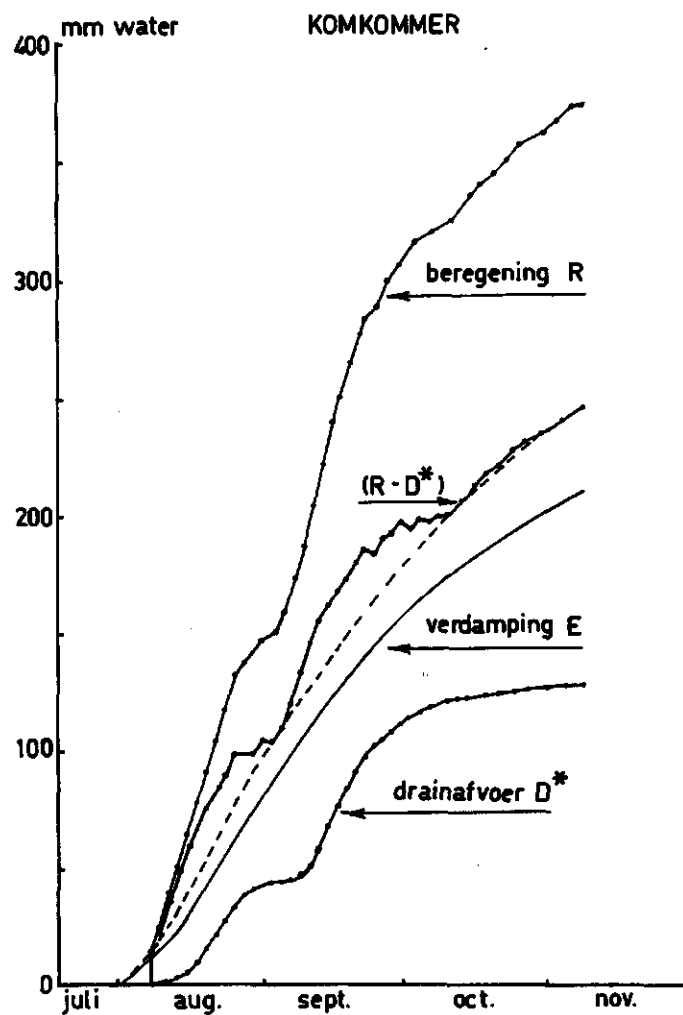


Fig. 2. Gegevens betreffende de waterhuishouding bij de komkommer-teelt op het glastuinbouwbedrijf

In fig. 1 is ook de cumulatieve verdamping van de plant op de in afdeling II geplaatste weegschaal uitgezet. Hiertoe werden de gemeten gewichtsveranderingen in kilogrammen vermenigvuldigd het aantal planten per vierkante meter kasoppervlak, in dit geval 5/2. Omdat het oppervlak van de bak met de plant was bedekt met aluminiumfolie was E in dit geval gelijk aan de transpiratie van de plant.

Uit fig. 1 wordt afgelezen dat de totale verdamping voor de lysimeter uitkomt op 200 mm. Voor de lysimeters in de afdelingen I en III was dit respectievelijk 200 en 210 mm. De totale transpiratie van de zich normaal ontwikkelende plant op de weegschaal in afdeling

II was 150 mm. De plant op de in afdeling I geplaatste weegschaal bleef sterk in groei achter en bereikte een totale transpiratie van slechts 115 mm. Fig. 1 laat verder zien dat het verschil in verdamping tussen lysimeter en weegschaal vrij gelijkmatig toenam met de tijd. Het verschil moet ten dele, zoe niet geheel, worden toegeschreven aan de verdamping vanaf het grondoppervlak van de lysimeter. Bij een teeltduur van 125 dagen zou het verschil van 50 mm verklaard kunnen worden door een verdamping vanaf het grondoppervlak van gemiddeld 0,4 mm/dag.

In fig. 2 zijn de resultaten van de metingen op het glastuinbouwbedrijf verwerkt. De berekening vertoonde twee uitgesproken pieken respectievelijk halverwege de maanden augustus en september. Dit komt in fig. 2 in het verloop van de cumulatieve drainafvoer D^* en in dat van het verschil $(R - D^*)$ tot uiting. Om de verdamping af te leiden uit het verschil $(R - D^*)$ werden correcties uitgevoerd voor zowel vochtbergingsveranderingen als voor wegzijging van water naar de omgeving. De invloed van vochtbergingsveranderingen werd grotendeels geëlimineerd door de onregelmatigheden in het verloop van de $(R - D^*)$ -curve in fig. 2 weg te werken, zoals is aangegeven door de onderbroken lijn in de figuur. De begin- en eindpunten van de $(R - D^*)$ -curve en de onderbroken lijn vallen samen omdat werd aangenomen dat de vochtberging in het profiel bij de aanvang van de teelt gelijk was aan de vochtberging bij de beëindiging van de teelt. De totale wegzijging gedurende de komkommerteelt werd geschat op 35 mm (HAMAKER en VAN BEUSEKOM, 1977). Aangenomen werd dat de grootte van de wegzijging evenredig was met de gemeten drainafvoersnelheid. Op grond van deze aanname werd de verdeling van de wegzijging van 35 mm over de gehele teeltperiode berekend. Toepassing van deze correctie op de onderbroken lijn in fig. 2 resulteerde in de curve voor cumulatieve verdamping E.

De fig. 1 en 2 laten zien dat de cumulatieve verdamping volgens een S-vormige curve verliep. Dit verloop was karakteristiek voor een teelt welke plaats vond in een periode met afnemende daglengte. Aanvankelijk overheerste de groei en ontwikkeling van het gewas waardoor de verdampingsintensiteit toenam. De grootste verdampingsintensiteit viel samen met het buigpunt van de S-vormige curve. Het gewas

was dan volgroeid in de zin dat de hoogste bodembedekkingsgraad en stralingsinterceptie werd bereikt. Vanaf dat moment overheerste de afnemende daglengte en straling waardoor de verdampingsintensiteit daalde.

De totale drainafvoer tijdens de paprikateelt bedroeg 50 mm bij een totale beregening van 250 mm. Hieruit volgt dat 80% van de beregende hoeveelheid water is verdampt en dat 20% is uitgespoeld. In dit verband wordt in de Engelstalige literatuur het begrip 'leaching fraction', gedefinieerd als het quotiënt D/R , gehanteerd. Voor de paprikateelt was de 'leaching fraction' dus $1/5$. De totale beregening R tijdens de komkommerteelt was 375 mm en de gemeten drainafvoer D^* 130 mm. Indien de wegzijging van 35 mm in rekening werd gebracht was de totale afvoer 165 mm. De 'leaching fraction' voor de gehele duur van de teelt was dus bijna $1/2$ ($165/375$). Gedurende de twee deelperiodes met intensieve beregening in respectievelijk augustus en september was de 'leaching fraction' zelfs bijna $2/3$.

5.2. Gewasverdamping

In fig. 3 is het verloop van de gemiddelde verdampingsintensiteit in mm/dag weergegeven. Dit verloop werd afgeleid uit de fig. 1 en 2 door bepaling van de hellingshoek van de raaklijn aan de cumulatieve verdampingscurve. Fig. 3 toont uiteraard alléén het verloop van de verdamping in grote lijnen. De van dag tot dag sterk wisselende omstandigheden in de kas komen in de figuur niet tot uiting.

Hoewel het paprikagewas ongeveer drie weken eerder werd geplant dan het komkommernewas trad de hoogste verdampingsintensiteit voor beide gewassen blijkens fig. 3 vrijwel gelijktijdig op. Dit hing samen met de veel snellere groei en ontwikkeling van de komkommerplant. Het komkommernewas bereikte al binnen drie weken na het uitplanten een hoogte van 2 m (draadhoogte) en verdampte vanaf dat moment als een volgroeid gewas. Dit stadium werd voor het paprikagewas pas vijf weken na het uitplanten bereikt.

Het valt verder op dat de verdampingsintensiteit van het komkommernewas steeds boven die van het paprikagewas lag. Mogelijke verklaringen hiervoor moeten gezocht worden in de verdamping vanaf het

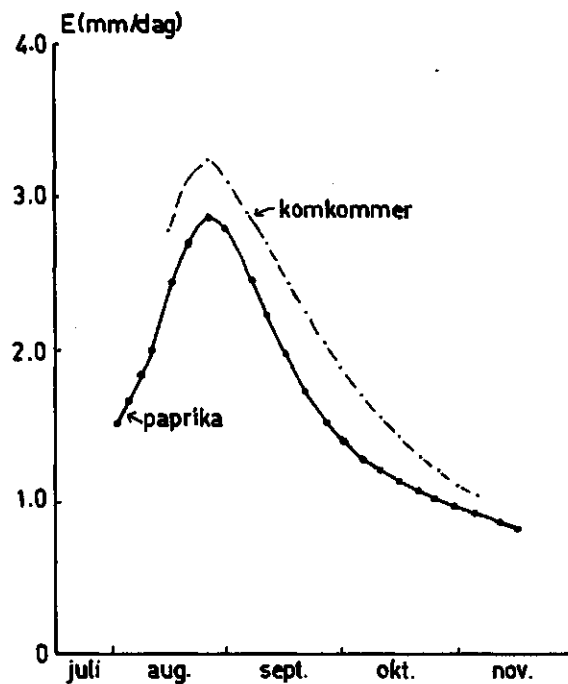


Fig. 3. Het globale verloop van de verdamping voor het paprika- en komkommergewas

grondoppervlak en aan de invloed van het stoken. De verdamping vanaf het grondoppervlak bij gebruik van breedsporende regenleidingen op het glastuinbouwbedrijf was waarschijnlijk groter dan in de lysimeterkas waar het grondoppervlak bij berekening slechts ten dele werd bevochtigd. Bovendien werd in de komkommerteelt meer gestookt hetgeen naar mag worden aangenomen de gewastranspiratie en de verdamping vanaf het grondoppervlak heeft bevorderd

Tot nu toe bleven de fluctuaties in de verdampingsintensiteit in afhankelijkheid van wisselingen in de verdampingsomstandigheden in de kas buiten beschouwing. De gegevens betreffende de waterbalans op het praktijkbedrijf waren onvoldoende gedetailleerd voor een berekening van de verdamping over korte perioden omdat vochtbergingsveranderingen niet werden gemeten. Bovendien had de wegzijging een ongunstig effect op de betrouwbaarheid van de uit de waterbalans afgeleide verdamping.

Het onderzoek in de lysimeterkas bood wat dit betreft betere perspectieven. Met behulp van de weegschalen werden immers zeer gedetailleerde gegevens verkregen welke onder 5.3 en 5.4 nader worden bekeken. Alvorens daartoe over te gaan is het van belang de vraag te

beantwoorden in hoeverre de verdamping van de plant op de weegschaal afweek van de verdamping van het gewas in de lysimeter dat in redelijke mate als representatief voor een gewas onder praktijkomstandigheden beschouwd mocht worden. Daartoe werden de uit de waterbalans afgeleide verdamping van de lysimeter en de met de weegschaal gemeten verdamping met elkaar vergeleken door berekening van de gemiddelde verdamping voor opeenvolgende perioden van zeven dagen. Voor de lysimeter werd de gemiddelde verdamping berekend volgens:

$$E_{n+3} = \sum_n^{n+6} (R_n - D_n) / 7$$

achtereenvolgens voor $n = 1, 2, 3, \dots, (k - 7), (k - 6)$ waarbij $n=1$ samenviel met de plantdatum en k het totale aantal dagen van de paprikateelt was. De termen R en D hadden betrekking op perioden van 24 uur. De zo berekende gemiddelde verdamping werd beschouwd als de verdamping voor de $(n+3)$ -de dag.

De met de weegschaal geregistreeerde gewichtsveranderingen werden op dezelfde wijze bewerkt. Resultaten van de berekeningen zijn weergegeven in fig. 4. De overeenkomst tussen weegschaal en lysimeter is evident. Het niveauverschil kwam onder 5.1 al ter sprake. Het verloop voor de lysimeter was iets onregelmatiger zoals bijvoorbeeld de afwijkingen in de eerste week van augustus en omstreeks het midden van september laten zien. Verder wekt de ligging van de pieken en dalen de indruk dat het verloop van de verdamping van de lysimeter hier en daar enige dagen verschoven was ten opzichte van het verloop voor de weegschaal. Een verklaring voor deze schijnbare verschuiving moet gezocht worden in vochtbergingsveranderingen in de lysimeter.

Bij de bespreking van de waterbalans onder 5.1 werd opgemerkt dat de verdamping voor de lysimeter gemiddeld 0,4 mm/dag hoger was dan voor de plant op de weegschaal.

Uit fig. 4 blijkt dat het verschil in de periode tot omstreeks 15 augustus en in de periode vanaf het einde van oktober gemiddeld ca. 0,5 mm/dag was en in de tussenliggende periode slechts 0,3 mm per dag.

Uit de gebleken overeenkomst tussen het verloop van de gemiddel-

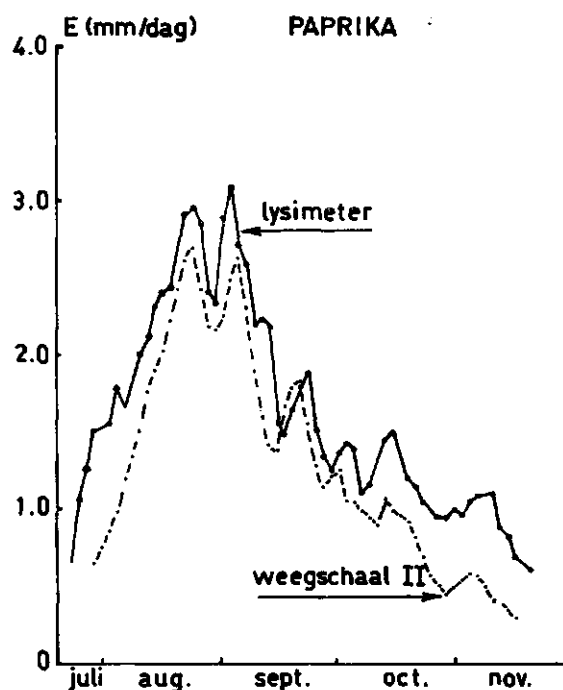


Fig. 4. Vergelijking van het verloop van de lysimeterverdamping en transpiratie van de plant in kasafdeling II

de verdamping van lysimeter en weegschaal werd de conclusie getrokken dat de verdamping per etmaal voor het gewas in de lysimeter bij benadering afgeleid kon worden door toepassing van bovenstaande correcties van 0,3 tot 0,5 mm/dag op de met de weegschaal verkregen verdampingsgegevens.

5.3. T r a n s p i r a t i e e n s t r a l i n g

De invloed van de plantgrootte en daglengte kwam bij de bespreking van de fig. 1, 2 en 3 ter sprake. Bij de regelmatig afnemende daglengte in de periode van onderzoek vertoonde de globale straling van dag tot dag grote fluctuaties. De invloed hiervan komt in het onregelmatige verloop van de verdamping in fig. 4 tot uiting. Daarbij moet bedacht worden dat in fig. 4 al een sterke nivellering van de schommelingen van dag tot dag heeft plaatsgevonden door het midden van gegevens over opeenvolgende perioden van zeven dagen. Een nadere analyse van de samenhang tussen plantgrootte, straling en

transpiratie werd uitgevoerd aan de hand van de met de weegschalen verzamelde gegevens voor de paprikaplanten.

In fig. 5 is de transpiratie van de plant op de weegschaal in kasafdeling II uitgezet tegen de boven het glasdek gemeten globale straling. De punten in de figuur hebben betrekking op perioden van 24 uur. Gedurende de eerste vijf weken nam de plantlengte toe van 15 tot 55 cm. Dit ging gepaard met een sterke toename van de transpiratie bij een gegeven dagsom van de straling. Nadat de plant een lengte van ca. 55 cm had bereikt vond geen verdere toename van de transpiratie bij een gegeven stralingsom plaats hoewel de plantlengte nog verder toenam tot ca. 70 cm. Kennelijk werd bij een plantlengte van 55 cm een toestand van maximale bodembedekking en stralingsinterceptie bereikt.

Voor het volgroeide gewas is in fig. 5 onderscheid gemaakt in drie perioden waardoor de afname van de straling en de verdamping duidelijk in beeld kon worden gebracht. De ligging van de punten in de figuur lijken er op te wijzen dat het verband tussen globale straling en transpiratie veranderde naarmate het seizoen vorderde en het stralingsniveau daalde. Dit wordt bevestigd door gegevens in tabel 1 welke betrekking hebben op berekeningen van de lineaire regressievergelijkingen voor de deelperioden. De vergelijkingen zijn gegeven met de straling uitgedrukt in de eenheden $J/cm^2/dag$ en in de met de straling equivalente hoeveelheid latente warmte in mm/dag .

De resultaten van de berekeningen wezen er op dat gerekend over de periode van de 6e tot en met de 18e week gemiddeld ca. 42% van de globale buitenstraling in latente warmte werd omgezet. De berekeningen voor de drie deelperioden voor de volgroeide plant wezen er op dat zich veranderingen voltrokken met het vorderen van het seizoen en de daarmee samenhangende daling van het stralingsniveau. Opvallend was de verandering van de hellingshoek van de regressielijn. De naar verhouding lagere transpiratie bij een gegeven stralingsniveau zou een gevolg kunnen zijn van een daling van de verhouding tussen de globale straling boven en onder het glasdek naarmate de daglengte afnam en de zon een lagere baan beschreef.

Voor de deelperioden van het volgroeide gewas liep het intercept uiteen van 0,15 mm/dag tot ca. 0,30 mm/dag . Uit de met de weeg-

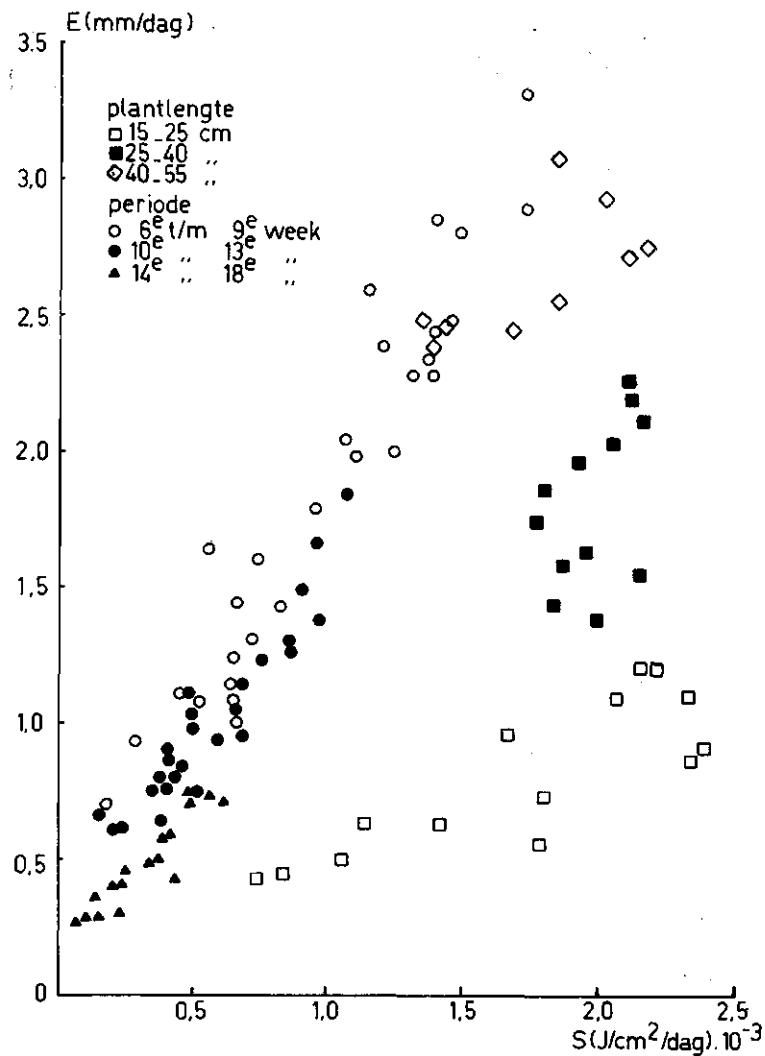


Fig. 5. Verband tussen de boven het glasdek gemeten globale straling en de transpiratie van de plant op de weegschaal in kasafdeling II

schaal geregistreerde gewichtsveranderingen werd afgeleid dat de gemiddelde nachtelijke transpiratie daalde van ca. 0,1 mm in september tot 0,07 mm in november. Bij een etmaal zonder straling zou ruwweg een twee maal zo grote transpiratie verwacht mogen worden, dus 0,2 mm/dag tot 0,15 mm/dag. Deze laatste transpiratiegegevens liggen in dezelfde orde van grootte als de bij de regressieberekeningen gevonden intercepten.

Een nadere analyse van de gedurende de eerste vijf weken verkre-

Tabel 1. Regressievergelijkingen voor het verband tussen de transpiratie E van de plant op de weegschaal in kasafdeling II en de boven het glasdek gemeten globale straling S

Periode	E: mm/dag; S: J/cm ² /dag	r
6e t/m 18e week	$E = 1,71 \times 10^{-3} S + 0,06$	0,96
6e t/m 9e week	$E = 1,58 \times 10^{-3} S + 0,31$	0,96
10e t/m 13e week	$E = 1,20 \times 10^{-3} S + 0,32$	0,94
14e t/m 18e week	$E = 0,98 \times 10^{-3} S + 0,17$	0,92
	E: mm/dag; S*: mm/dag	
6e t/m 18e week	$E = 0,42 S^* + 0,06$	0,96
6e t/m 9e week	$E = 0,39 S^* + 0,31$	0,96
10e t/m 13e week	$E = 0,30 S^* + 0,32$	0,94
14e t/m 18e week	$E = 0,24 S^* + 0,17$	0,92
$S^*(\text{mm/dag}) = 4,02 \times 10^{-3} S(\text{J/cm}^2/\text{dag})$		

gen gegevens heeft uitgewezen dat de transpiratie bij benadering evenredig was met de plantlengte. Dit blijkt uit fig. 6 waarin de gemeten transpiratie, vermenigvuldigd met het quotiënt van de lengte van de volgroeide plant (55 cm) en de werkelijke lengte, is uitgezet tegen de straling.

Naar aanleiding van de bespreking van de met de weegschalen verzamelde gegevens wordt nader ingegaan op de vraag in hoeverre deze resultaten 'vertaald' kunnen worden naar een gewas onder praktijkomstandigheden. De schakel tussen de plant op de weegschaal en een gewas onder praktijkomstandigheden werd in dit onderzoek gevormd door de lysimeters. De relatie tussen de transpiratie van de plant op weegschall II en de verdamping van de lysimeters kwam in 5.2 bij de bespreking van fig. 4 al ter sprake, waarbij bleek dat de lysimeterverdamping gemiddeld 0,3 mm/dag tot 0,4 mm/dag hoger lag. Dit verschil werd toegeschreven aan de verdamping vanaf het grondoppervlak van de lysimeter waarbij dus stilzwijgend werd aangenomen dat de transpiratie van de plant op de weegschaal gelijk was aan de gemiddelde transpiratie van de 16 planten in de lysimeter. Uit een vergelijking van de metingen van de transpiratie van de planten op de weegschalen in de beide kasafdelingen is gebleken dat voorzichtigheid

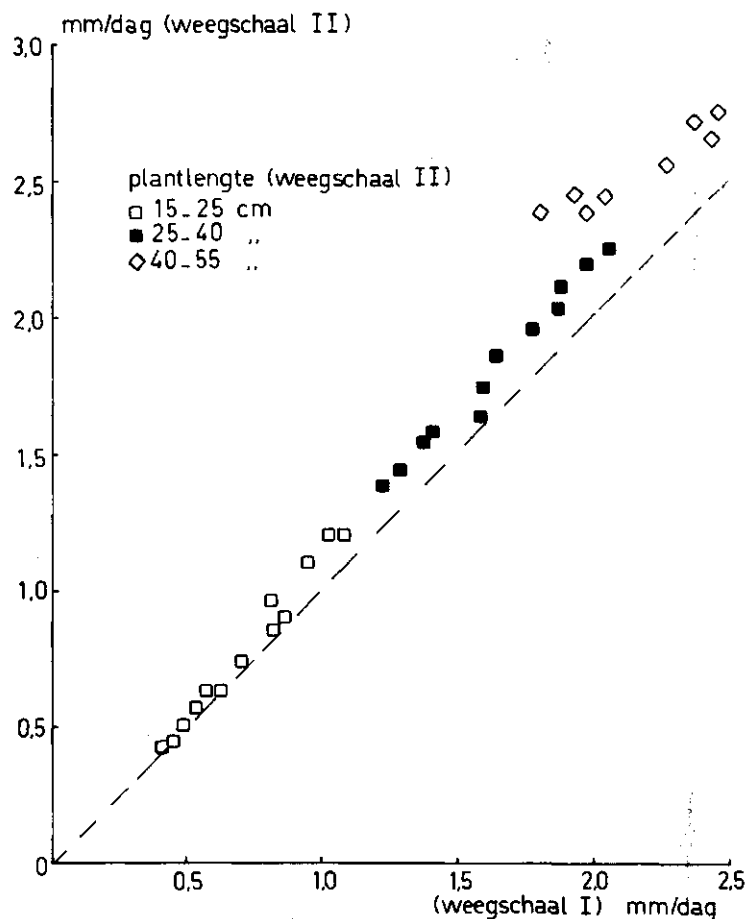


Fig. 7. Verband tussen de transpiratie van de jonge planten op de weegschalen in de kasafdelingen I en II gedurende de eerste vijf weken

ding tussen de transpiraties van beide planten min of meer constant

Het is duidelijk dat een vergelijking van de met de lysimeter gemeten verdamping en de transpiratie van de plant in afdeling I een veel groter verschil te zien gegeven zou hebben dan in fig. 4 tot uiting komt. Verder kan hieraan de conclusie verbonden worden dat er bij dit type onderzoek rekening gehouden dient te worden met aanzienlijke verschillen tussen de transpiratie van individuele planten en de gemiddelde transpiratie van de planten in de lysimeter.

Tot slot wordt hier opgemerkt dat de plant op de weegschaal in afdeling II zich normaal ontwikkelde in overeenstemming met de omringende planten. De plant op de weegschaal in afdeling I bleef echter sterk in groei achter zonder dat hier een oorzaak voor kon worden

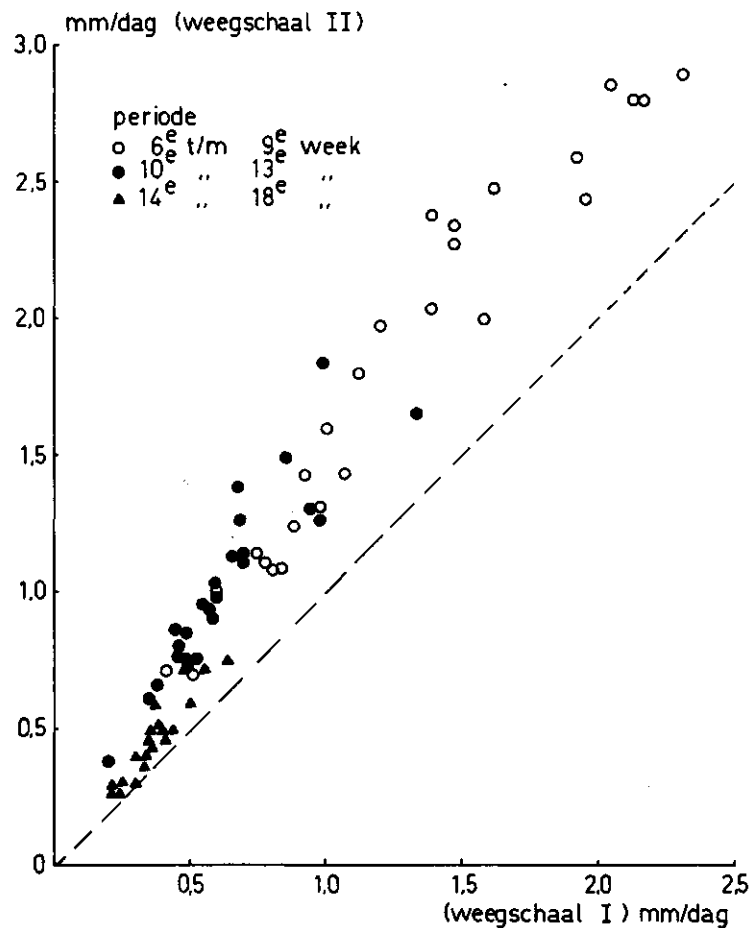


Fig. 8. Verband tussen de transpiratie van de volgroeide planten op de weegschalen in de kasafdelingen I en II gedurende de periode van de 6e tot en met de 18e week

aangewezen. Deze ervaringen hebben wel duidelijk gewezen op de wenselijkheid één of meer reserve planten in bakken achter de hand te houden ter vervanging van planten welke zich slecht ontwikkelen.

5.4. T r a n s p i r a t i e e n l u c h t v o c h t i g h e i d

Naast de onder 5.3 besproken relatie tussen de transpiratie en globale straling werd ook het verband tussen de transpiratie en luchtvochtigheid bestudeerd. Daarbij werd uitgegaan van de met de weegschaal in kasafdeling II verzamelde transpiratiegegevens en het met een termohygrograaf geregistreeerde verloop van de relatieve vochtigheid en de temperatuur van afdeling II.

De transpiratie van de plant werd verondersteld evenredig te zijn met het verschil tussen de verzadigde dampspanning van de lucht aan het bladoppervlak en de dampspanning van de kaslucht. Indien eenvoudigheidshalve wordt aangenomen dat de bladtemperatuur en de luchttemperatuur aan elkaar gelijk zijn, dan volgt hieruit dat de transpiratie evenredig zou zijn met het vochtdeficit van de kaslucht. Het vochtdeficit kan worden berekend uit de verzadigde dampspanning en de relatieve vochtigheid volgens:

$$\Delta x = 622 \left[\frac{P_s}{P_a - P_s} - \frac{P_s (h_r/100)}{P_a - P_s (h_r/100)} \right]$$

Δx = vochtdeficit van de kaslucht, in g waterdamp per kg droge lucht

P_s = verzadigde dampspanning, in atm

P_a = luchtdruk, in atm

h_r = relatieve vochtigheid van de kaslucht, in %

De verzadigde dampspanning P_s werd berekend aan de hand van de kasluchttemperatuur met behulp van de volgende aan TAKAKURA et al (1971) ontleende vergelijkingen:

$$P_s = 10^\alpha$$

$$\alpha = \alpha_1 + \alpha_2 + \alpha_3$$

$$\alpha_1 = - 7,90298(T_s/T - 1)$$

$$\alpha_2 = + 5,02808 \times \log_{10}(T_s/T)$$

$$\alpha_3 = - 1,3816 \times 10^{-7} \times (10^{11,344(1-T/T_s)} - 1)$$

$$T_s = 373,16^\circ\text{K}$$

$$T = (273,16 + \theta)^\circ\text{K}$$

waarin θ de temperatuur van de kaslucht in $^\circ\text{C}$ is.

Bij het aflezen van de stroken van de thermohygrograaf werden de

gemiddelde kasluchttemperatuur en relatieve vochtigheid voor opeenvolgende perioden van twee uren getabelleerd. De perioden vóór zonsopkomst en na zonsondergang bleven buiten beschouwing omdat werd aangenomen dat de transpiratie dan verwaarloosbaar klein was. Voor de overige perioden werd Δx berekend met behulp van bovenstaande vergelijkingen. Vervolgens werd een gemiddeld vochtdeficit Δx voor het betreffende etmaal berekend volgens:

$$\Delta x = (f_1 \cdot \Delta x_1 + \Delta x_2 + \Delta x_3 + \dots + \Delta x_{n-1} + f_2 \Delta x_n) / 12$$

waarbij Δx_1 en Δx_n betrekking hebben op respectievelijk de perioden van twee uren waarin de zonsopgang en zonsondergang vallen. De factor f_1 werd ingevoerd om van de eerste periode alleen het gedeelte na zonsopkomst in rekening te brengen. Evenzo werd van de laatste periode alleen het gedeelte vóór zonsondergang in rekening gebracht door invoering van f_2 . De factor 12 in de noemer tenslotte heeft betrekking op het totale aantal perioden van twee uren per etmaal.

In fig. 9 is de waargenomen transpiratie van de volwassen plant uitgezet tegen het berekende gemiddelde vochtdeficit. De regressievergelijkingen zijn opgenomen in tabel 2. Gegevens voor de zesde en zevende week ontbreken in verband met ijking van de thermohygrograaf.

Fig. 9 vertoont overeenkomst met fig. 5. Hieruit volgt dat er ook een lineair verband was tussen de globale straling en het vochtdeficit. Dit lag ook wel voor de hand omdat tijdens deze herfststeelt nauwelijks gestookt werd.

Voor zover gegevens betreffende kasluchttemperatuur en relatieve vochtigheid beschikbaar waren werden ook berekeningen uitgevoerd voor de periode waarin het paprikagewas nog niet volwassen was. Voor deze periode vielen de punten buiten het gebied van fig. 9, vooral bij hoge straling. Zo werd bijvoorbeeld voor 13 augustus een Δx -waarde van 14,9 g/kg berekend bij een waargenomen transpiratie van 1,63 mm en een straling van 1965 J/cm²/dag.

Het ligt voor de hand dat het verband tussen transpiratie en vochtdeficit afhankelijk is van de plaatsing van de thermohygrograaf. In dit geval was de thermohygrograaf aan de rand van het pad tussen de rijen planten geplaatst op ongeveer 30 cm boven het maaiveld. Dit aspect verdient bij eventueel verder onderzoek nadere aandacht.

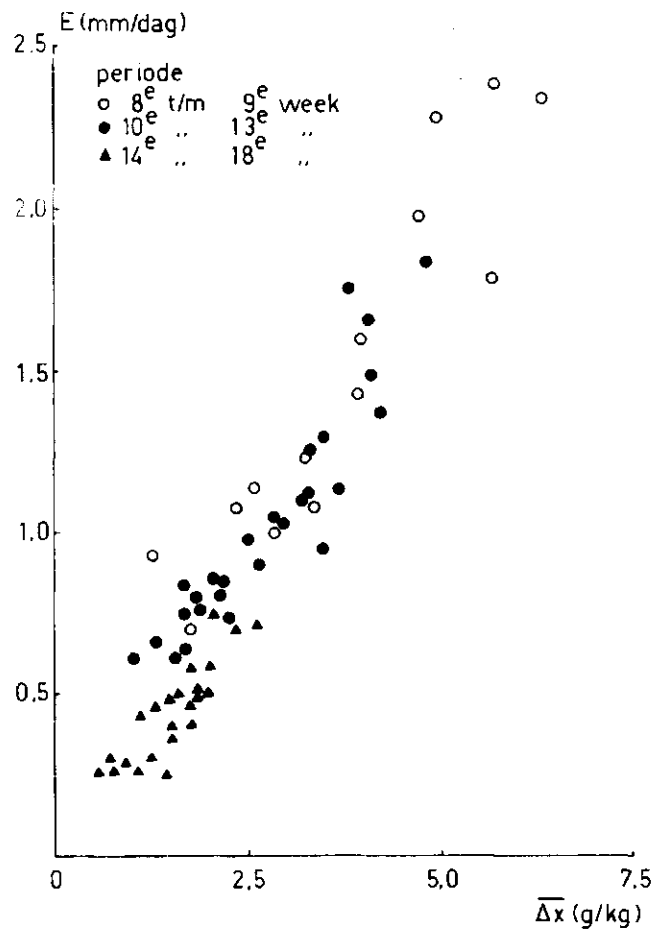


Fig. 9. Verband tussen het vochtdeficit van de kaslucht en de transpiratie van de volwassen plant op de weegschaal in kasafdeling II

Tabel 2. Regressievergelijkingen voor het verband tussen de transpiratie E van de plant op de weegschaal in kasafdeling II en het berekende gemiddelde vochtdeficit van de kaslucht

Periode	E: mm/dag; Δx : g/kg	r
8e t/m 18e week	$E = .38 \Delta x - 0,06$	0,94
8e t/m 9e week	$E = 0,34 \Delta x + 0,22$	0,93
10e t/m 13e week	$E = 0,31 \Delta x + 0,18$	0,91
14e t/m 18e week	$E = 0,23 \Delta x + 0,08$	0,87

5.5. V e r d a m p i n g e n w a t e r v o o r z i e n i n g

De in 5.3 besproken relatie tussen de globale straling en de gasverdamping bevestigde de resultaten van eerdere onderzoeken op het proefstation welke zijn samengevat door VAN SCHIE en DE GRAAF (1976). Naar aanleiding van die eerdere onderzoeken werd getracht de straling als norm voor de te beregenen hoeveelheden water in de praktijk ingang te doen vinden. Berekening op basis van stralingsmetingen kan gezien worden als een indirecte methode om de vochttoestand van de wortelzone op peil te houden. Dit wordt in de praktijk als nadeel aangevoerd waarbij dan een voorkeur wordt uitgesproken voor berekening op basis van een directe meting van de vochttoestand, bijvoorbeeld met tensiometers. Ook daaraan zijn problemen verbonden waarop hier niet nader wordt ingegaan.

Indien berekening op basis van stralingsmetingen plaats vindt blijft het uiteraard noodzakelijk regelmatig controle uit te oefenen op de gang van zaken. Daarbij kan in de eerste plaats gedacht worden aan een regelmatige controle van de vochttoestand van de grond met behulp van een boor en aan meting van de grondwaterstand in een peilbuis. In dit verband is het interessant de verdere meetgegevens betreffende de waterhuishouding tijdens de komkommerteelt op het praktijkbedrijf nader te bekijken.

In de fig. 10 en 11 is het uit de draai- en rusttijden van de pomp in de onderbemalingsput afgeleide verloop van de drainafvoersnelheid en het met de niveauschrijver geregistreerde verloop van de grondwaterstand weergegeven voor twee perioden van zeven dagen in september. De beregende hoeveelheden water in mm en de tijd van de dag waarop de berekening plaats vond zijn ook aangegeven. Fig. 10 heeft betrekking op een 'natte' week met een totale berekening van bijna 55 mm en een drainafvoer van ca. 30 mm. In de 'droge' week was de berekening ca. 25 mm en de drainafvoer bijna 12 mm. De berekening, de drainafvoer en de grondwaterstand bleken nauw met elkaar samen te hangen. De toename van de drainafvoersnelheid viel praktisch samen met de aanvang van de berekening. Het tijdstip waarop een stijging van de grondwaterstand werd waargenomen viel steeds iets later. Dit hield verband met de locatie van de niveauschrijver op het bedrijf.

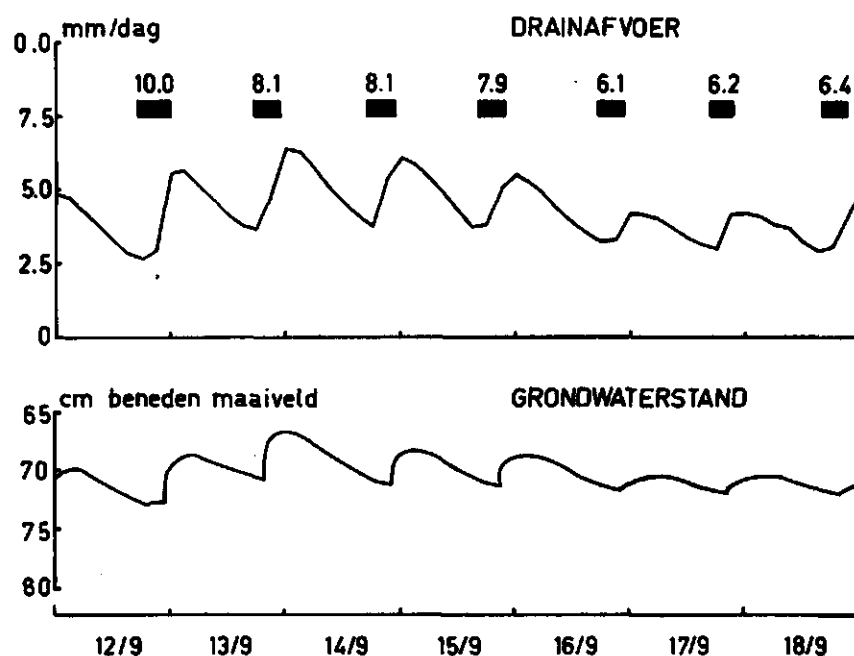


Fig. 10. Verloop van de drainafvoer en grondwaterstand tijdens de komkommerteelt op een glastuinbouwbedrijf in een periode met intensieve beregening; tijdstip en duur van de beregeningen zijn door de zwarte blokken aangegeven, de getallen geven de beregende hoeveelheden in mm aan

De beregening ter plaatse vond pas plaats nadat al 3/4 deel van het totale oppervlak was beregend.

De beregening vond soms in twee fasen plaats. Dit kwam bijvoorbeeld duidelijk tot uiting in het verloop van de grondwaterstand op 12 september. In de eerste fase werd 5 mm beregend waarbij mestoplossing werd gedoseerd. Deze beregening had slechts een kleine maar toch duidelijk waarneembare invloed op het verloop van de grondwaterstand. De tweede fase viel omstreeks vier uren later waarbij weer 5 mm werd beregend maar nu zonder mestdosering.

De piek in het verloop van de drainafvoer op 29 september werd veroorzaakt door overlopende dakgoten tijdens een zware onweersbui. Ter plaatse van de niveauschrijver kwam geen water in de kas terecht zodat de grondwaterstand niet werd beïnvloed.

Fig. 12 geeft een overzicht van de beregening, drainafvoer, grondwaterstand en de vochtspanning op drie diepten in het profiel. Wat

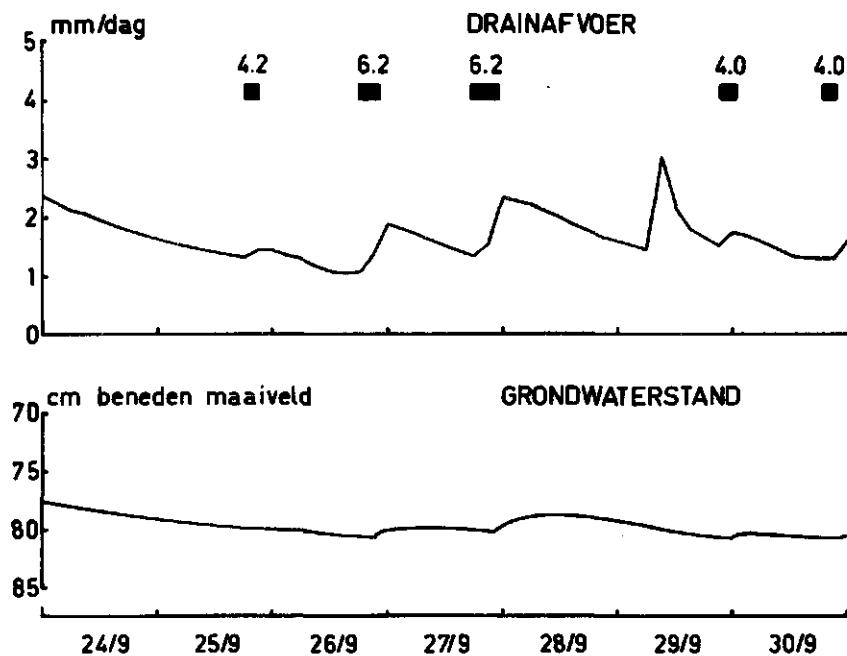


Fig. 11. Verloop van de drainafvoer en grondwaterstand tijdens de komkommerteelt op een glastuinbouwbedrijf in een periode met normale beregening; tijdstip en duur van de beregeningen zijn door de zwarte blokken aangegeven, de getallen geven de beregende hoeveelheden in mm aan

de grondwaterstanden en de vochtspanningsmetingen betreft wordt in de figuur voor elke dag een traject weergegeven dat begrensd is door de hoogste en laagste meetwaarden gedurende het betreffende etmaal. Het verband tussen de drainafvoer en de grondwaterstand werd al aan de hand van de fig. 10 en 11 besproken en komt ook in fig. 12 bijzonder duidelijk tot uiting.

De vochtspanning op 10 cm diepte reageerde steeds scherp op beregening en steeg daarbij tot boven -10 cm. Soms werd gedurende korte tijd zelfs een waarde van nul (verzadiging) bereikt. De vochtspanning op 20 cm en vooral op 40 cm beneden maaiveld verliep veel gelijkmatiger. Terwijl de vochtspanning op 10 cm diepte steeds binnen 5 minuten op een beregening reageerde was de reactie op 20 cm diepte soms pas veel later merkbaar. De vochtspanning op 40 cm diepte werd in veel gevallen zelfs helemaal niet door beregening beïnvloed. De relatief sterke uitdroging van de grond op 10 cm diepte tussen opeenvolgende beregeningen wekte de indruk dat de wateronttrekking voor-

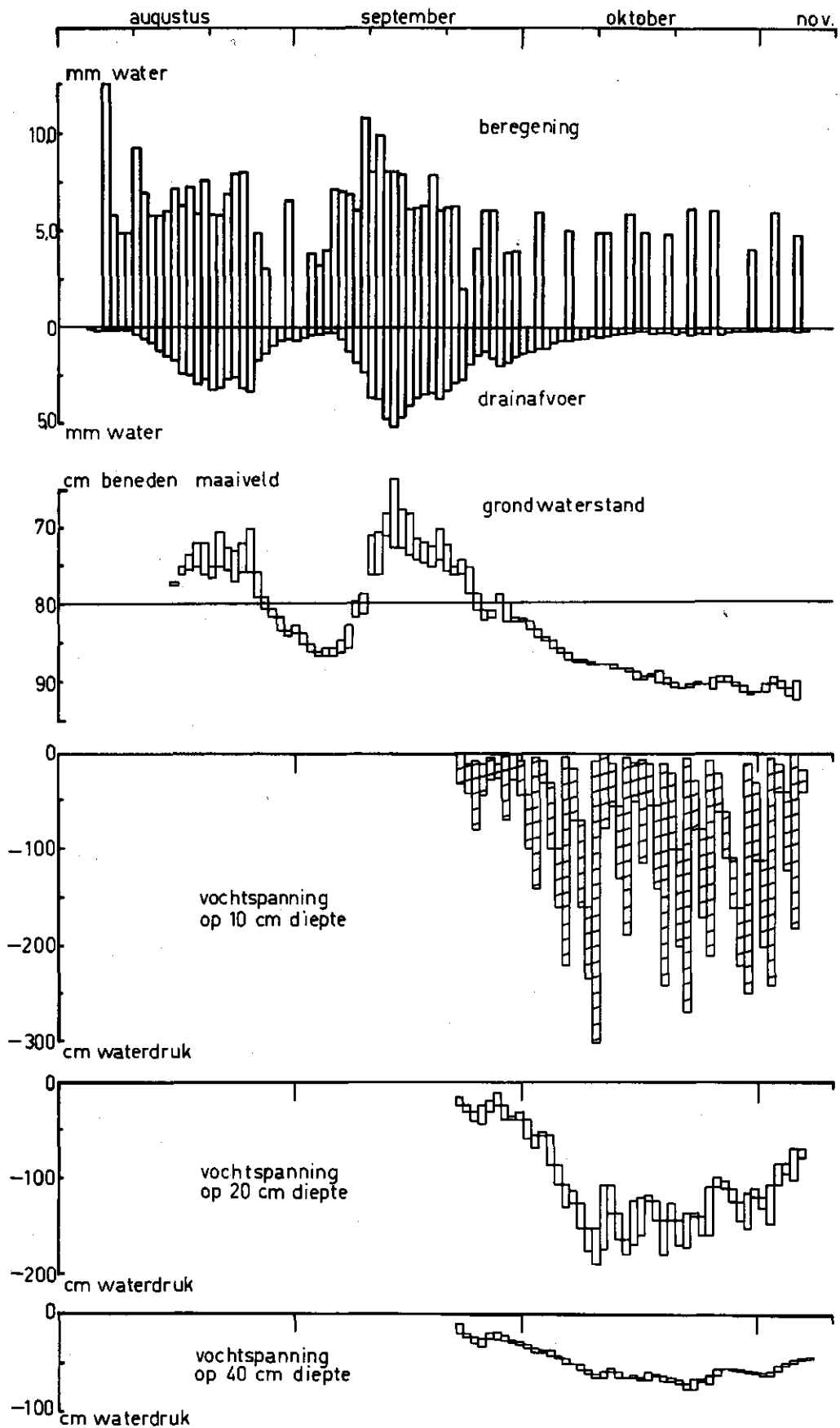


Fig. 12. Overzicht van de op de waterhuishouding betrekking hebbende gegevens die tijdens de komkommerteelt op een glastuinbouwbedrijf werden verzameld

namelijk zeer oppervlakkig plaats vond. Dit zou verband kunnen houden met een oppervlakkig ontwikkeld wortelstelsel. In dit verband is het van belang op te merken dat na de beëindiging van de voorafgaande tomatenteelt slechts een oppervlakkige grondbewerking met een freesmachine heeft plaatsgevonden vóór het poten van de komkommerplanten.

Wanneer de verschillende met de waterhuishouding verband houdende aspecten worden gezien lijkt de conclusie gerechtvaardigd dat de globale straling nauwelijks een rol heeft gespeeld bij de bepaling van de te beregenen hoeveelheden water tijdens de komkommerteelt. De teeltkundige inzichten van de tuinder speelden daarentegen een belangrijke rol. De intensieve berekening in augustus viel in een periode na het poten totdat de planten een lengte van ca. 2 m hadden bereikt (draadhoogte). De tweede 'natte' periode in september hield verband met het uitgroeien van de stamvruchten. De eerste vochtspanningsmetingen vonden aan het einde van deze periode plaats. De vochtspanning lag toen binnen het traject van 0 tot -20 cm. Uit fig. 12 blijkt dat de hoogste grondwaterstanden bij een drainafvoer van 4 mm/dag tot 5 mm/dag omstreeks 10 september voorkwamen. De vochtspanning moet tijdens die dagen tot een nog kleiner traject nabij verzadiging beperkt zijn gebleven.

De 'natte' perioden vormden een scherp contrast met de periode vanaf begin oktober. De grondwaterspiegel daalde toen geleidelijk van 80 tot 90 cm beneden maaiveld. De verticale afstand tussen de tensiometer op 40 cm beneden maaiveld en de grondwaterspiegel nam daarbij toe van 40 tot 50 cm. Zodra dus de vochtspanning ter plaatse van deze tensiometer een waarde beneden -40 tot -50 cm bereikte vond watertransport vanaf de grondwaterspiegel in de richting van de wortelzone plaats. Het verloop van de vochtspanning op 40 cm beneden maaiveld in fig. 12 wees er op dat dit vanaf begin oktober tot de beëindiging van de teelt eigenlijk steeds het geval was. In deze periode was dus de totale verdamping ter plaatse van de meetopstelling groter dan de totale berekening. Ook de voortdurende daling van de drainafvoer en de grondwaterspiegel wezen in die richting.

Het verloop van de vochtspanning ter plaatse van de tweede tensiometer opstelling vertoonden in grote lijnen hetzelfde beeld als

in fig. 12 is weergegeven. De absolute waarden van de metingen met de tensiometers op dezelfde diepte vertoonden echter steeds verschillen. De vochtspanning op de tweede locatie hadden een grotere negatieve waarde hetgeen wees op drogere omstandigheden. De plaatsing van de tensiometers ten opzichte van de sproeidoppen, de structuur en textuur van de grond, de beworteling en mogelijk andere factoren hebben hierbij een rol gespeeld. Dergelijke verschillen tussen vochtspanningsmetingen in een kas zijn kenmerkend voor de problemen welke zich zouden voordoen bij pogingen de berekening op basis van vochtspanningsmetingen te automatiseren.

6. SAMENVATTING EN CONCLUSIES

De waterhuishouding bij najaarsteelten van respectievelijk paprika's in de lysimeterkas op het proefstation te Naaldwijk en van komkommers op een glastuinbouwbedrijf in het Westland werd bestudeerd. In de lysimeterkas werd gebruik gemaakt van drie grote niet-weegbare lysimeters met 16 planten en van twee kleine weegbare lysimeters voor individuele planten. Op het bedrijf werd getracht de waterbalans van het gehele oppervlak onder glas van ca. 1 ha te kwantificeren.

De niet-weegbare lysimeters gaven nauwkeurige gegevens over het waterverbruik van het gewas. Deze gegevens waren weliswaar niet gedetailleerd maar daar stond tegenover dat het gemeten waterverbruik gezien de groei-omstandigheden van de planten in de lysimeters als representatief voor een gewas onder praktijkomstandigheden beschouwd mochten worden. De onderlinge verschillen tussen de drie niet-weegbare lysimeters waren zeer klein. Het totale waterverbruik voor de periode van vier maanden van eind juli tot eind november was 200 mm.

Met de weegbare lysimeters werden gedetailleerde metingen betreffende de transpiratie verkregen. Deze gegevens werden in verband gebracht met de globale straling en het vochtdeficit van de kaslucht. Bij een vergelijking van de gegevens van de twee weegbare lysimeters onderling bleek dat een van de twee planten sterk in groei achterbleven en dit kwam ook in de gemeten transpiratie tot uiting. Verder bleek dat de totale transpiratie van de zich normaal ontwikkelende plant ca. 20% kleiner was dan de gemiddelde verdamping van de planten in de lysimeter. Uit een en ander werd geconcludeerd dat voorzichtigheid geboden is bij de 'vertaling van gegevens voor individuele planten naar praktijkomstandigheden. De niet-weegbare lysimeters spelen bij die 'vertaling' een belangrijke rol.

Het waterverbruik van het komkommergewas werd berekend uit metingen van de beregende hoeveelheden water en de drainafvoer. De betrouwbaarheid werd ongunstig beïnvloed door wegzijging via het grondwater van een gedeelte van het door het bewortelde profiel gelopen water. Hierdoor was de gemeten drainafvoer kleiner dan de overmaat berekening. Na correctie voor wegzijging bleek het totale waterverbruik uit te komen op 210 mm voor de periode van drie maanden van

10 augustus tot 10 november.

Het totale waterverbruik van beide gewassen bleek slechts weinig te verschillen, maar wanneer de duur van de teelten in aanmerking werd genomen was de verdamping van het komkommergewas duidelijk hoger. Hiertoe hebben waarschijnlijk zowel een grotere evaporatie als een groter energieverbruik voor kasverwarming een rol gespeeld. Beide punten vereisen nader onderzoek.

De resultaten van het onderzoek hebben duidelijk aangetoond dat ook voor een najaarsteelt de globale straling als uitgangspunt voor de vaststelling van het waterverbruik en de te beregenen hoeveelheden water gehanteerd kan worden. Daarbij bieden metingen van het verloop van de grondwaterstand en, indien mogelijk, van de drainafvoersnelheid de mogelijkheid controle op de gang van zaken ten aanzien van de waterhuishouding uit te oefenen.

LITERATUUR

- HAMAKER, Ph., 1978. Lysimeterinstallaties op het Proefstation voor de Groenten- en Fruitteelt onder Glas te Naaldwijk.
ICW-nota 1029 (tevens als rapport van het Proefstation voor de Groenten- en Fruitteelt onder Glas te Naaldwijk).
- en J. VAN BEUSEKOM, 1977. Onderzoek naar de Water- en Mineralenhuishouding op een Glastuinbouwbedrijf.
ICW-nota 981.
- 1976. Constructie en beproeving van een tensiometer-drukopnemersysteem voor vochtspanningsmetingen in kasgronden.
ICW-nota 934.
- TAKAKURA, T., K.A. JORDAN and L.L. BOYD, 1971. Dynamic simulation of plant growth and environment in the greenhouse.
Transactions of the ASAE, blz. 964-971.
- SCHIE, J.J. VAN en R. DE GRAAF, 1976. Watervoorziening bij teelten onder glas. Informatiereeks nr 17, Proefstation voor de Groenten- en Fruitteelt onder Glas, Naaldwijk.