

055000+2816 53

Stamboek no.
1096

A
05
E
167

PROEFSTATION VOOR DE GROENTEN- EN FRUITTEELT ONDER GLAS TE NAALDWIJK

Onderzoek naar de waterhuishouding in het bijzonder het water-
verbruik bij een teelt van stooktomaten in 1977

door: R. de Graaf

Naaldwijk, november 1978

Intern verslagno. 36

2231078

1. Inleiding.....	1.
2. Vergelijking voor de waterbalans.....	1.
3. Werkwijze.....	2.
3.1. Algemene gegevens.....	2.
3.2. Proefopzet en proefverloop.....	3.
4. Bespreking van de resultaten.....	5.
4.1. Waterverbruik.....	5.
4.2. Gewasverdamping.....	13.
4.3. Verband tussen verdamping en straling.....	17.
4.4. Verband tussen de buiten en binnen gemeten straling.....	23.
4.5. Verband tussen de verdamping gemeten met de weegschalen en de lysimeter.....	29.
4.6. Straling en watervoorziening.....	31.
4.7. Opbrengstgegevens.....	31.
5. Samenvatting en conclusies.....	32.
6. Literatuur.....	34.

1. INLEIDING

Het onderzoek op het Proefstation te Naaldwijk naar het waterverbruik van onder glas geteelde gewassen in de lysimeterkas is in 1976 gestart met een herfststeelt paprika's. Het ligt in de bedoeling om in de loop van een aantal jaren voor verschillende hoofdgewassen, voor zowel stookteelten als najaarsteelten, het waterverbruik vast te stellen.

In dit verslag worden de resultaten van onderzoeken naar de waterhuishouding van een stooktomatenteelt besproken. Naast het vaststellen van de waterbalans gegevens met de drie grote niet-weegbare lysimeters werden meer gedetailleerde metingen van dag tot dag verricht met individuele planten op kleine weegbare lysimeters (weegschalen). Bovendien werden kasklimaatgegevens verzameld waardoor het mogelijk werd verbanden te leggen tussen gewasverdamping en kasklimaat. Verder werd aandacht besteed aan de verdamping van of het grondoppervlak en de verdamping tijdens de dag(licht) periode en nachtperiode.

2. VERGELIJKING VOOR DE WATERBALANS

Bij het onderzoek met de lysimeter en de weegschalen stond het kwantificeren van het waterverbruik centraal.

De waterbalansvergelijking brengt tot uiting dat de verandering van de vochtherging in de grond (ΔB_w), gerekend over een bepaalde periode, gelijk is aan de beregende hoeveelheid water (R) verminderd met het door het bewortelde profiel gepercoleerde en afgevoerde hoeveelheid (A) en de verdamping (E):

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

De termen van de vergelijking (1) worden uitgedrukt in mm water. De afgevoerde hoeveelheid A is in het geval van de niet-weegbare lysimeters gelijk aan de drainafvoer D zodat:

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

Op de weegschalen stond een bak van kunststof waarin één plant werd geteeld. De verstrekte hoeveelheden water waren voldoende om de verliezen door verdamping te compenseren. De waterbalansvergelijking was dan:

$$\Delta B_w = R - E \quad (2)$$

De veranderingen in vochtberging ΔB_w voor de grond in de bak bleef steeds beperkt binnen het maximale weegbereik van 1000 g van de weegschaal.

Zie voor beschrijving lysimeterkas en lysimeters. (Hamaker 1978).

3. WERKWIJZE

3.1. Algemene gegevens

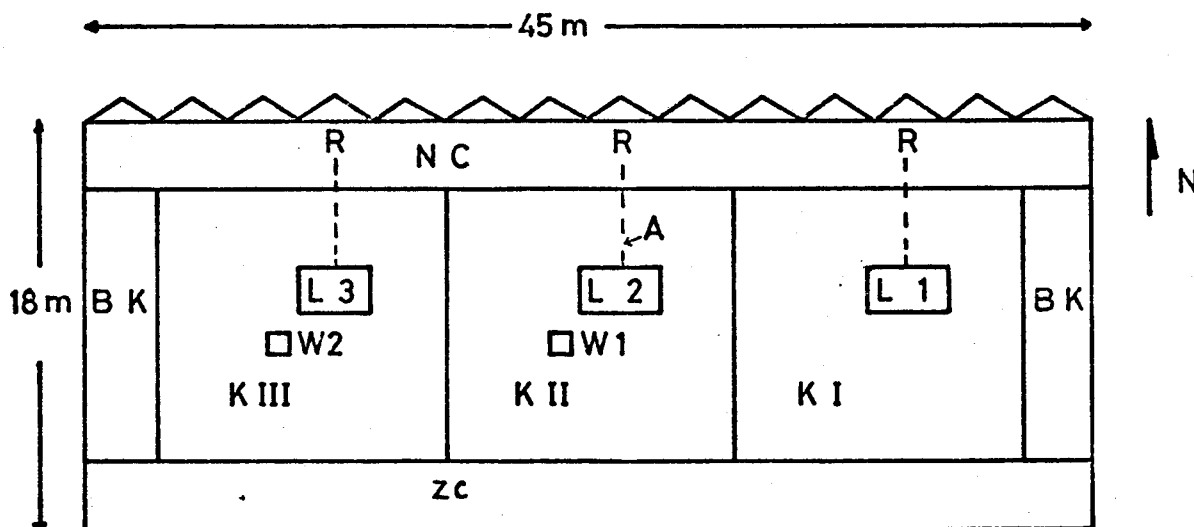
Het onderzoek in de lysimeterkas vond plaats tijdens een stooktomaten-teelt in de periode van begin januari tot begin augustus 1977.

De tomaten (ras: sonato) werden gepoot op 4 januari en de teelt werd beëindigd op 8 augustus.

Er werd gewerkt met vier rijen planten per kap bij een plantafstand van 50 cm. Per lysimeter stonden 16 planten. Per weegschaal stond één plant in een bak (bak breed 40.5, lang 60, hoog 11.5 cm).

De klimaatsregeling was gelijk in de drie kasafdelingen en week niet af van de in de praktijk gebruikelijke regeling bij een stooktomaten-teelt. In figuur 1 is de plaats van de lysimeters en weegschalen in de afdelingen weergegeven.

Fig 1 Plattegrond van de lysimeterkas



NC - corridor noordzijde

ZC - " zuidzijde

BK - bufferkap

K - kasafdeling

L - lysimeter

W - weegschaal

R - regelinstallatie

A - aan- en afvoer

3.2. Proefopzet en proefverloop

Bij het onderzoek in de lysimeterkas werd gebruik gemaakt van lysimeters en weegschalen. De werkwijze met de lysimeters en weegschalen was ongewijzigd ten aanzien van de genoemde proef met paprika's (Hamaker en de Graaf 1978). Tijdens de proef met tomaten werd de grondwaterspiegel in de lysimeters op 80 cm beneden maaiveld gehandhaafd.

Er werd naar gestreefd veranderingen in vochtberging in de lysimeters te minimaliseren door frequente vochtvoorziening van kleine hoeveelheden water.

De vochtvoorziening vond de in de lysimeters in het begin (4-17 januari) met de slang plaats. Vanaf 17 januari werd met druppelbevloeiing water gegeven. Aanvankelijk werd de grootte van dagelijkse watergift met de hand ingesteld, hierbij werd rekening gehouden met de plantgrootte, groeibeheersing, drainafvoer en de stralingsnorm. Na begin maart werd geheel automatisch water gegeven met behulp van "zonintegratoren". Voor dit doel werd binnen in elke afdeling een zogenaamde "zonintegrator" van de firma Indal opgesteld. Met een "zonintegrator" wordt met een lichtgevoelige cel de straling gemeten en elektronisch gesommeerd. Wanneer een van te voren ingestelde stralingsnorm wordt bereikt wordt automatisch een commando aan de druppelbevloeingsinstallatie van de lysimeter gegeven.

De ingestelde stralingsnorm werd tijdens de teelt zodanig gewijzigd dat er steeds gemiddeld éénmaal per dag water werd gegeven. Op zeer zonnige dagen kon de frequentie oplopen, tot twee à drie maal per dag, op donkere dagen terugvallen tot éénmaal per twee dagen.

Per 100 cal cm^2 (420 joules cm^2) werd bij volwassen tomatenplanten 1,3 mm water gegeven. Per gift was een extra deels geschatte hoeveelheid inbegrepen ter compensatie van verdamping ten gevolge van in de kas gebrachte stook energie. Bij de watergift gebaseerd op de straling is bovendien 20% extra water inbegrepen om tijdens de teelt door te spoelen (de Graaf 1976).

Buiten de lysimeter vond de berekening plaats door middel van strookberekening. Om tot een min of meer overeenkomstig bevochtigd grondoppervlak te komen als bij de strookberekening werden er bij elke plant in de lysimeter vier druppelslangetjes opgesteld.

Wat neerkwam op circa 40 ml water per plant per minuut of 0,1 mm per minuut. Hiermee werd zoveel mogelijk voorkomen dat de verdamping via het natte grondoppervlak binnen en buiten de lysimeters sterk zouden verschillen. De beregeningsfrequentie, de beregende hoeveelheid water en de dosering van meststoffen binnen en buiten de lysimeter werden zoveel mogelijk op elkaar afgesteld.

De duur van de berekening buiten de lysimeter was echter steeds veel korter in verband met de grotere beregeningsintensiteit van de strookberekening in vergelijking met de druppelbevloeiing. Met het toegediende water werd continu mest gedoseerd. De dosering was aanvankelijk 1 à 1.5 atm. en werd geleidelijk aan verlaagd tot 0.25 atm. Tot 9 maart werd 13-0-26-6 en daarna 15-0-15-5 gedoseerd. De weegschalen werden opgesteld in de afdelingen 2 en 3 van de lysimeterkas. Van de weegschaal opgesteld in afdeling 2 werd het bakoppervlak afgedekt met aluminium folie, zodat de geregistreerde gewichtsveranderingen vrijwel uitsluitend het gevolg waren van transpiratie van de plant. Van de weegschaal opgestelde in afdeling 3 werd het bakoppervlak afwisselen één dag wel en één dag niet afgedekt (een dag liep van 8 - 9 uur 's-morgen tot 8 - 9 uur de volgende morgen). Deze werkwijze gaf de mogelijkheid om van eenzelfde plant de transpiratie en van plant plus grond de evapotranspiratie te meten.

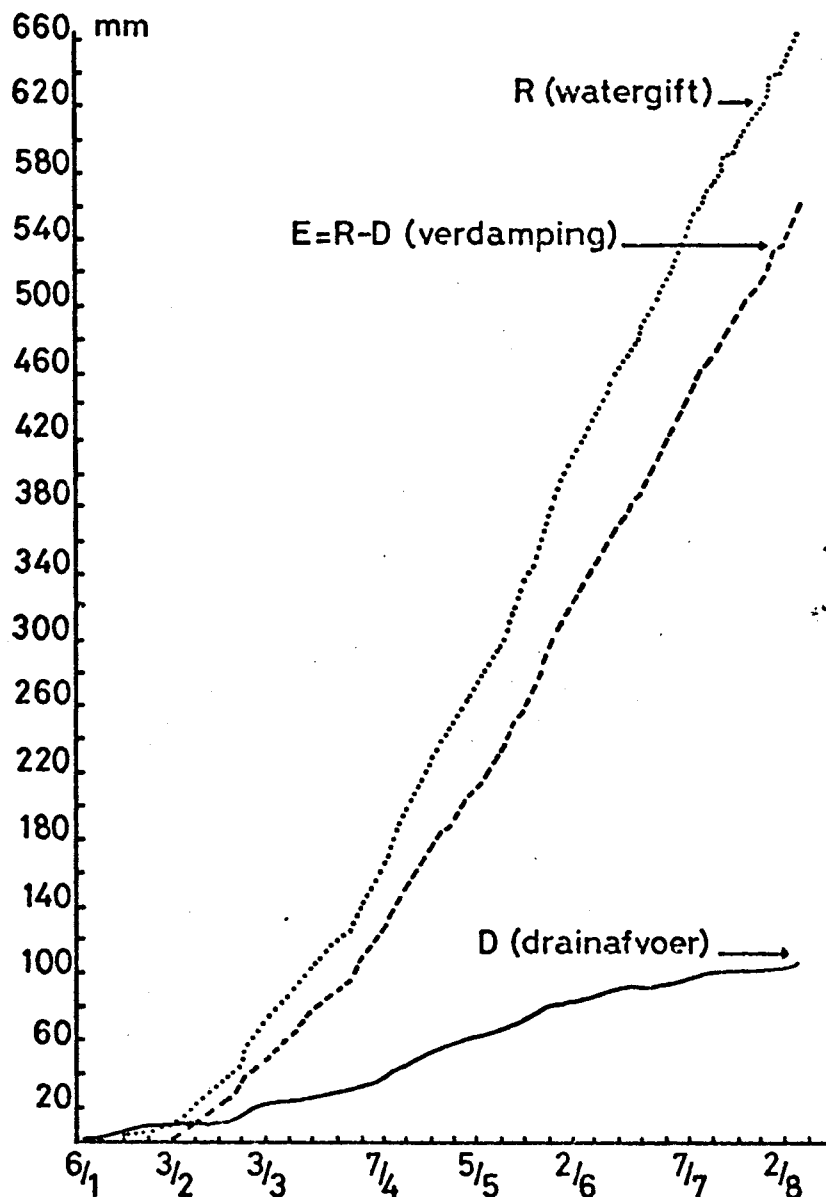
Bij de metingen met de weegschalen werd onderscheid gemaakt tussen de verdamping van zonsopgang tot zonsondergang (dagverdamping), van zonsondergang tot zonsopgang (nachtverdamping) en van zonsopgang tot zonsopgang (totale dagverdamping).

Het afdekken met aluminium folie respectievelijk weghalen van aluminium folie vond 's-morgens tussen 8 - 9 uur plaats. Hierdoor ontstond de situatie dat op dagen dat de bak afgedekt moest worden in de vroege ochtenduren nog niet afgedekt en op dagen dat de bak niet afgedekt moest worden nog wel afgedekt was. Een en ander was vooral in de voorjaars- en zomermaanden aan de orde.

4. BESPREKING VAN DE RESULTATEN

4.1. Waterverbruik

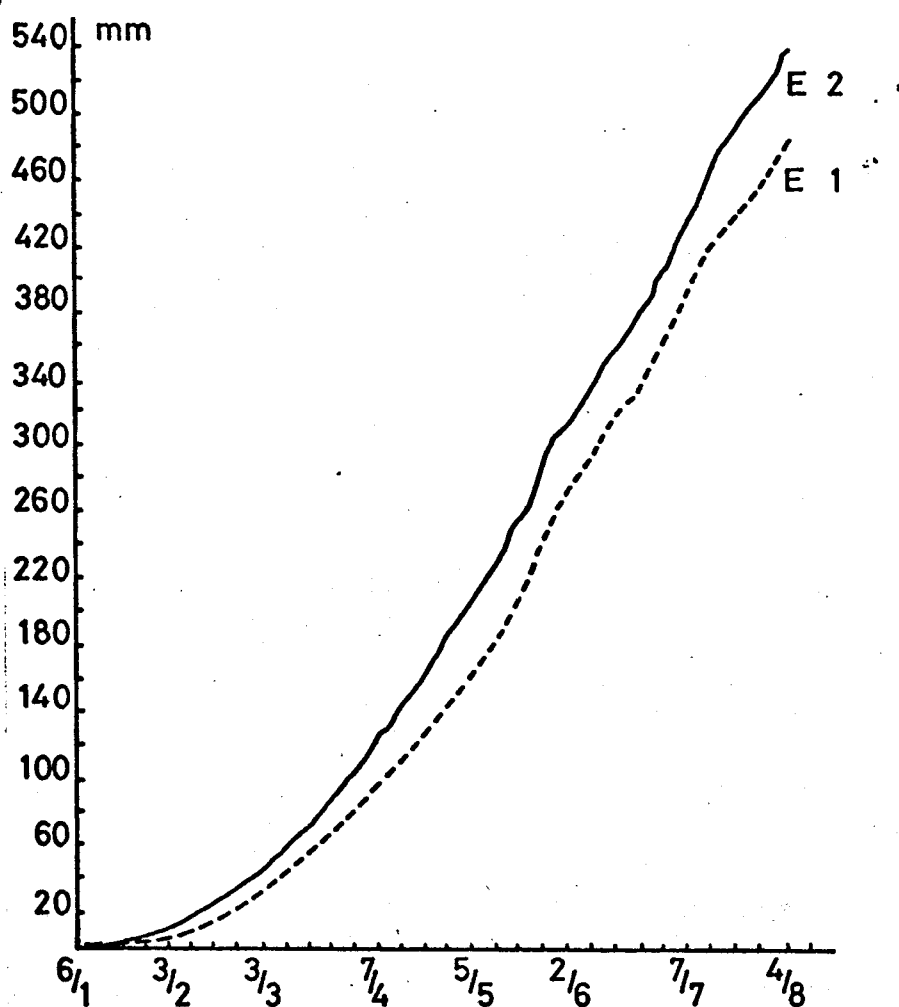
De resultaten van de metingen met de lysimeters en weegschalen worden hier in grote lijnen besproken aan de hand van figuur 2, 3 en tabel 2. Onder punt 4.2 zal in meer detail worden ingegaan op de gewasverdamping.



Figuur 2 Gegevens betreffende de cumulatieve watergift, drainafvoer en verdamping van de tomatenteelt in lysimeter 2.

Figuur 2 heeft betrekking op de lysimeter in de middelste afdeling van de lysimeterkas. Uit figuur 2 blijkt dat zowel de aanvoer als de afvoer van water gelijkmatig verliepen.

Dit houdt in, dat geen grote veranderingen in de vochtberging (ΔB_w) zijn opgetreden tijdens de teelt, zodat het cumulatieve verschil (R-D) in overeenstemming met vergelijking (1a) gelijk gesteld mag worden aan de cumulatieve evapotranspiratie (E).
 Figuur 2 laat zien dat de cumulatieve verdamping van lysimeter 2 aanvankelijk volgens een kromme curve verliep. Duidelijk werkten groei, ontwikkeling en straling in de zelfde richting, namelijk verhoging van de verdampingsintensiteit. Vanaf half maart was het gewas volgroeid in de zin dat dan de bodembedekkingsgraad niet verder toenam en de hoogste stralingsinterceptie werd bereikt. De verdampingsintensiteit nam echter verder toe in verband met de toenemende daglengte en stralingsintensiteit. Vanaf eind mei tot de beëindiging van de teelt bleef de gemiddelde verdamping vrijwel constant.
 Eenzelfde beeld geeft in figuur 3 de cumulatieve verdamping van de plant op weegschaal 1 en weegschaal 2 te zien.



Figuur 3 Gegevens betreffende de cumulatieve transpiratie van de tomatplant op weegschaal 1 (E.1.) en de transpiratie en evapotranspiratie van de tomatplant op weegschaal 2 (E.2.).

In tegenstelling met de resultaten van de eerder genomen proef met herfstpaprika's waren er dit maal vrij grote verschillen tussen de cumulatieve evapotranspiratie van de drie lysimeters onderling. Zoals uit tabel 2 blijkt bleef vooral de verdamping van lysimeter 3 achter bij die van de andere lysimeters.

Het verschil kwam geleidelijk tot stand in de periode eind maart tot eind juni. Visueel was een eventuele mindere groei niet waarneembaar. Vanaf half april bleek wel uit metingen de gemiddelde lengte van de planten in lysimeter 3 en in mindere mate in lysimeter 1 achter te blijven ten opzichte van de planten in lysimeter 2.

Opvallend was tevens het achter blijven in vruchtproductie van de planten in lysimeter 3 in vergelijking met de twee andere lysimeters. Gegevens betreffende de opbrengst staan vermeld onder punt 4.8.

behandeling	watergift		drainafvoer		totale dag- verdamping		percentage doorspoelen D/R x 100	dagverdam- ping zons- opgang tot zonsopgang	nachtverdam- ping zons- opgang tot zonsopgang	percentage nacht t.o.v totale dag- verdamping		
	(R)	(D)	(E)	(F)	(G)	(H)						
	to- taal mm	mm gem. per dag	to- taal mm	mm gem. per dag	to- taal mm	mm gem. per totale dag		to- taal mm	mm gem. per dag	to- taal mm	mm gem. per nacht	
lysimeter 1	684	3.21	132	0.62	552	2.59	19%					
lysimeter 2	667	3.13	106	0.50	561	2.63	16%					
lysimeter 3	698	3.28	198	0.93	500	2.35	28%					
Gemiddeld 1, 2 en 3	683	3.21	145	0.68	538	2.53	21%					

weegschaal 1 (afd. 2)	485	2.28			485	2.28		448	2.10	37	0.17	7.5%
weegschaal 2 (afd. 3)	539	2.53			539	2.53		490	2.30	49	0.23	9.1%
Gemiddeld 1 en 2	512	2.40			512	2.40		469	2.20	43	0.20	8.3%

Tabel 2 Totale watergift, drainafvoer en verdamping van lysimeters 1, 2 en 3 en weegschalen 1 en 2.

Factoren, die mogelijk een rol hebben gespeeld bij de verschillen in verdamping tussen de lysimeters zijn: klimaatsregeling en plantmateriaal.

De klimaatsregeling werd gemeten met thermo- hygrografen. Het temperatuur verloop van de drie afdelingen viel steeds nauw samen. Er werden wel systematische verschillen in luchtvochtigheid gevonden maar het is de vraag of dit werkelijke verschillen waren of een gevolg van afwijkingen tussen hygrografen onderling.

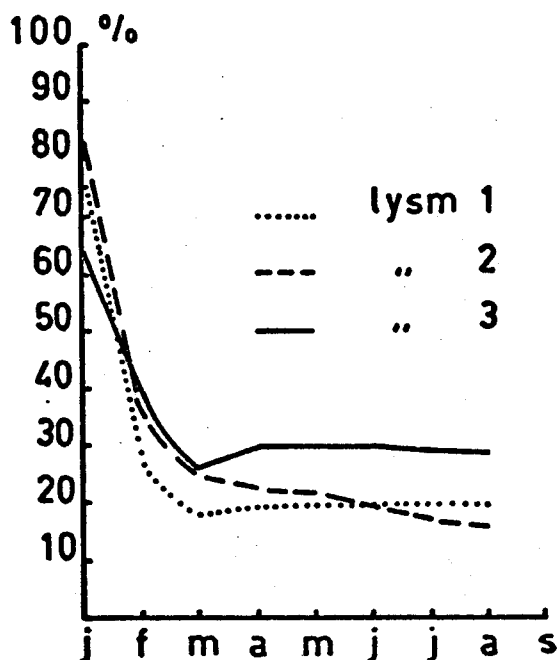
In hoeverre verschillen in plantmateriaal een rol hebben gespeeld is achteraf moeilijk na te gaan.

Samenhangend met de verschillen in verdamping van de drie lysimeters was er een vrij groot verschil in drainafvoer. Het voor de gehele teelt berekende percentage doorgespoelde hoeveelheid water in tabel 2 toont dit duidelijk aan.

In de maanden januari en februari lag het percentage doorgespoelde hoeveelheid water beduidend hoger dan in de daarop volgende maanden. Hetgeen verklaard kan worden door het vrij natte bodemprofiel in de lysimeters als gevolg van het uitspoelen van de lysimeters in december 1976.

Voor wat lysimeter 1 en 2 betreft komt het gemeten percentage doorgespoelde hoeveelheid water tamelijk goed overeen met de berekende extra watergift van 20% om tijdens de teelt door te spoelen.

Het afwijkend gedrag van lysimeter 3 is reeds eerder opgemerkt. Het verloop van het percentage totaal doorgespoelde hoeveelheid water, gedurende de gehele teelt, is in figuur 4 weergegeven.



Figuur 4 Verloop van de totale hoeveelheid doorgespoeld water in procenten van de totale watergift.

In tabel 2 zijn tevens de gegevens van de totale verdamping van de planten op de weegschalen vermeld. Hiertoe werden de gemeten gewichtsveranderingen in kg per dag opgeteld en vermenigvuldigd met de plantdichtheidsfactor $5/2$.

Doordat het bakoppervlak van weegschaal 1 in afdeling 2 continu bedekt was met aluminium folie was (E) in dit geval gelijk aan de transpiratie.

Dit gold voor weegschaal 2 in afdeling 3 alleen voor die dagen dat het bakoppervlak werd afgedekt. Voor de andere dagen werd de evapotranspiratie gemeten.

Naast gegevens over de (totale) dagverdamping en de gemiddelde verdamping per totale dag staan in tabel 2 gegevens over de verdamping gedurende dag en nacht van de twee weegschalen. Over de gehele teeltperiode gerekend vond 's-nachts een verdamping plaats welke gelijk was aan 7,5 à 9,1% van de totale dagverdamping. Verschillen in verdamping tussen de twee weegschalen zullen voor een deel verband houden met het wel of niet verdampen van of het bakoppervlak van weegschaal 2 en verdampingsverschillen tussen de twee individuele planten. Vergelijking van de totale dagverdamping voor de gehele teelt van weegschaal 1 met lysimeters 1 en 2 geeft een aanwijzing over de grootte van verdamping van of het grondoppervlak. Het verschil bedraagt circa 72 mm of 13%.

Om ook onderscheid te kunnen maken tussen de transpiratie en de evapotranspiratie van weegschaal 2 is de totale teeltperiode verdeeld in 94 dagen met bedekte bak (behandeling weegschaal 2a) en 94 dagen met onbedekte bak (behandeling 2b). De resterende dagen van de totaal 213 gemeten dagen waren hiervoor niet goed bruikbaar. De resultaten zijn weergegeven in tabel 3. Om één en ander te kunnen vergelijken met de verdamping van lysimeter 2 en weegschaal 1 zijn deze teeltperioden eveneens verdeeld in twee maal 94 overeenkomstige dagen (behandelingen lysimeter 2a, lysimeter 2b, weegschaal 1a en 1b).

behandeling	dagverdamping zonsopgang/zons- ondergang		nachtverdamping zonsondergang/ zonsopgang		totale dagverdam- ping. Zonsopgang/ zonsopgang		%
	mm totaal	mm gem/dag	mm totaal	mm gem/nacht	mm totaal	mm gem/tot.dag	
weegschaal 1.a 94 dagen afd. 2 bedekt	198	2.11	16	0.17	214	2.28	7.6
weegschaal 1.b 94 dagen afd. 2 bedekt	196	2.09	17	0.18	213	2.27	7.9
weegschaal 2.a 94 dagen afd. 3 bedekt	205	2.18	19	0.20	224	2.38	8.6
weegschaal 2.b 94 dagen afd. 3 onbedekt	222	2.36	28	0.30	250	2.66	11.1
lysimeter 2.a 94 dagen afd. 2 onbedekt	-	-	-	-	243	2.59	-
lysimeter 2.b 94 dagen afd. 2 onbedekt	-	-	-	-	257	2.73	-

Tabel 3 Dagverdamping, nachtverdamping en totale dagverdamping van
weegschaal 1, 2 en lysimeter 2.

* De onder de punten a genoemde 94 dagen zijn onderling vergelijkbare dagen.
De onder de punten b genoemde dagen zijn 94 andere onderling vergelijkbare dagen.

Uit de gegevens van tabel 3 kunnen de volgende duidelijke conclusies worden getrokken.

a. beide perioden van 94 dagen zijn goed vergelijkbaar zoals gegevens betreffende de transpiratie van de plant op weegschaal 1 laat zien.

b. beide planten zijn redelijk goed vergelijkbaar zoals de gegevens betreffende de transpiratie van plant 1 behandelingen 1a en 1b en plant 2 behandeling 2a laten zien.

c. het verschil tussen transpiratie en evapotranspiratie van de plant op weegschaal 2 gerekend over een periode van 94 dagen, was 26 mm. Van deze evaporatie kwam 9 mm gedurende de nacht en 17 mm gedurende de dag tot stand. De evaporatie is ten opzichte van de evapotranspiratie in verhouding 's-nachts groter (32%) dan overdag (7.7%)

d. voor de totale duur van de teelt zou de evaporatie geschat kunnen worden op $\frac{213}{94} \times 26 = 59$ mm (20.5 's-nachts, 38.5 overdag).

e. een met de lysimeters vergelijkbare evapotranspiratie zou uit de gegevens van behandeling weegschaal 2b kunnen worden berekend, volgens: $E_{\text{totaal}} = \frac{213}{188} \times 2 \times 250 = 566$ mm.

Dit blijkt goed overeen te komen met de totale voor lysimeter 2 berekende evapotranspiratie (tabel 2) zodat verdere vergelijking tussen de plant op weegschaal 2 en lysimeter 2 gerechtvaardigd lijken.

Vergelijking van de verdamping van weegschaal 1 met weegschaal 2 en van de weegschalen met de lysimeters dient met enig voorbehoud te geschieden, omdat de verdamping van één individuele plant niet geheel vergelijkbaar is met de verdamping van een andere individuele plant. De verdamping van één individuele plant is evenmin geheel vergelijkbaar met de "gemiddelde" verdamping van één plant in de lysimeter. Daarbij komt bovendien dat de verdamping vanaf het bakoppervlak op de weegschaal niet geheel te vergelijken is met de verdamping vanaf het grondoppervlak van de lysimeters. De verschillen tussen behandeling lysimeter 2a en 2b berusten op variaties in de restterm van de waterbalansvergelijking, die voor een deel veroorzaakt werden door verschillen in vochtberging in het grondprofiel.

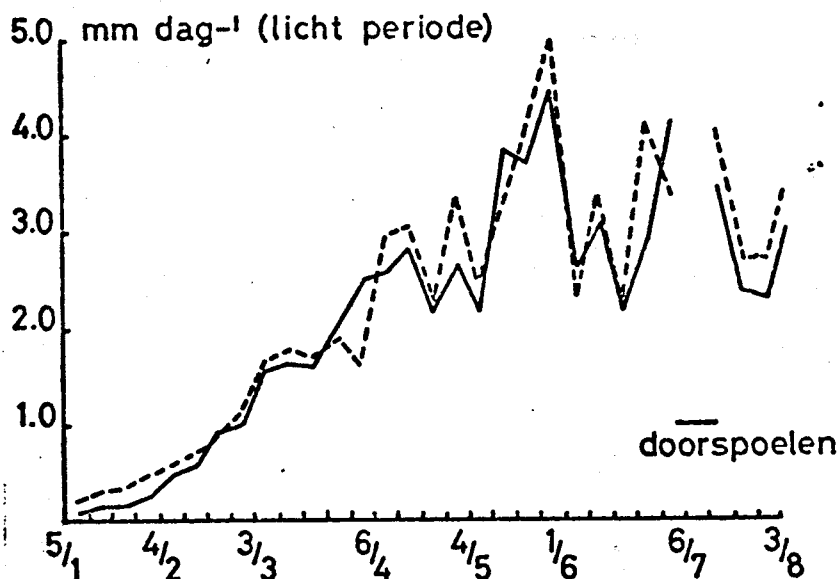
Uit de gegevens van de dag- en nachtverdamping in tabel 3 is eveneens de verdamping 's-nachts in procenten van de totale dagverdamping berekend.

Het percentage verdamping 's-nachts bedraagt als de bak wordt afgedekt voor behandeling weegschaal 2a 8.6% en als de bak niet wordt afgedekt voor behandeling weegschaal 2b 11.1%. Het verschil is nog wat groter als behandeling weegschaal 2b vergeleken wordt met behandeling weegschaal 1a of 1b.

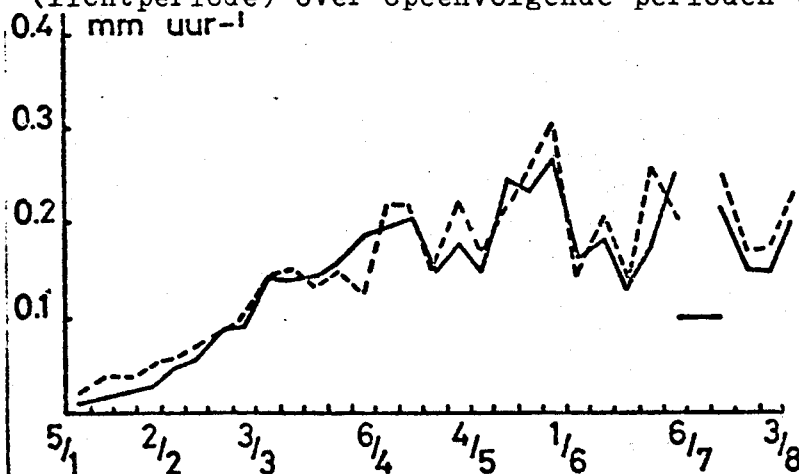
De verschillen hangen samen met de reeds eerder opgemerkt in verhouding grotere invloed van het afdekken van de bak op de verdamping 's-nachts dan op de verdamping overdag vanaf het bakoppervlak.

4.2. Gewasverdamping

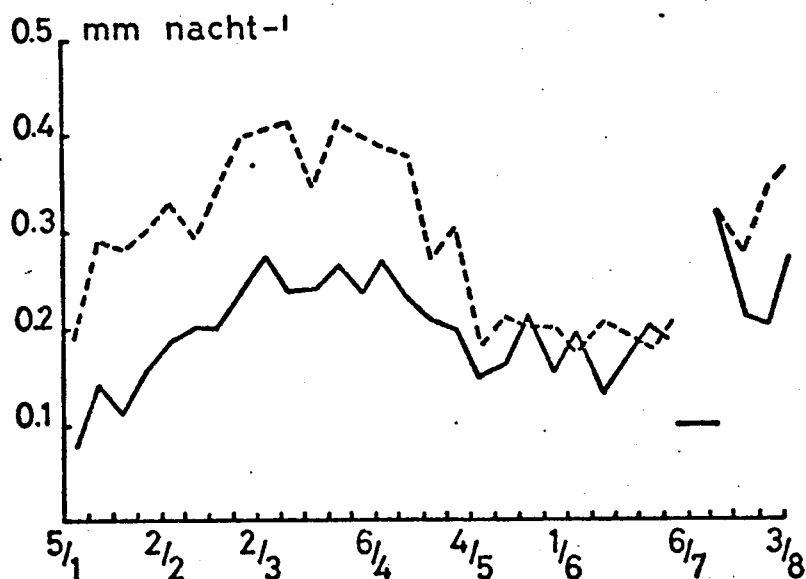
In figuur 5a tot en met d wordt in meer detail ingegaan op de gewasverdamping. In figuur 5a is de gemiddelde verdamping overdag over opeenvolgende perioden van zeven dagen voor de plant op weegschaal 2 weergegeven. Er is onderscheid gemaakt tussen de transpiratie (behandeling weegschaal 2a) en de evapotranspiratie (behandeling weegschaal 2b).



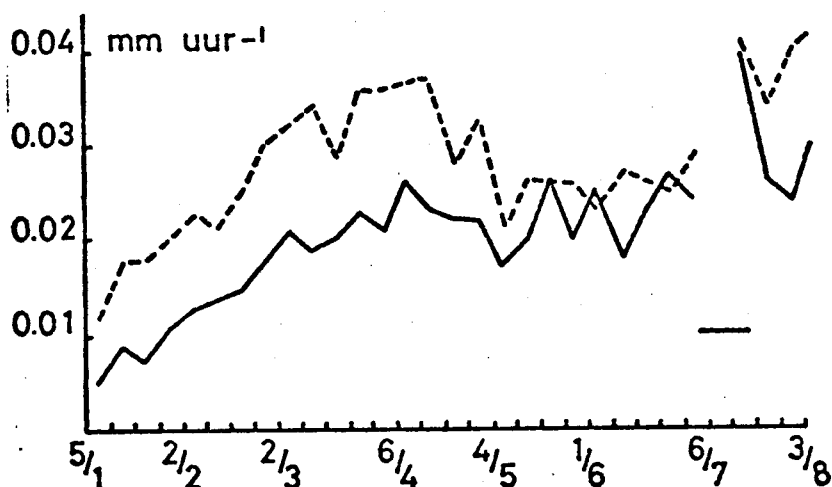
Figuur 5a gemiddelde verdamping van tomaat gedurende de dag (lichtperiode) over opeenvolgende perioden van zeven dagen.



Figuur 5b gemiddelde verdamping per uur (lichtperiode) over opeenvolgende perioden van zeven dagen.
transpiratie



Figuur 5c gemiddelde verdamping van tomaat gedurende de nacht over opeenvolgende perioden van zeven nachten.



Figuur 5d gemiddelde verdamping per uur 's-nachts over opeenvolgende perioden van zeven nachten.

----- evapotranspiratie
 ————— transpiratie

Nauwkeurige berekening van verschillen per weekperioden is niet goed mogelijk, omdat de waarnemingen van behandeling weegschaal 2a en 2b wel betrekking hebben op telkens een zelfde weekperiode maar niet op de zelfde dagen. In bepaalde gevallen is de gemiddelde transpiratie zelfs groter dan de evapotranspiratie.

De invloed van de toename van de daglengte, stralingsintensiteit en van de plantgrootte komt in figuur 5a duidelijk naar voren. Daarnaast komt de invloed van de fluctuaties van de straling op het verloop van de verdamping tot uiting.

Daarbij moet bedacht worden dat in de figuur al een sterke nivelering van de schommelingen van dag tot dag heeft plaats gevonden door het middelen van de gegevens over opeenvolgende perioden van zeven dagen.

Een nadere analyse van de samenhang tussen plantgrootte, straling en transpiratie wordt gegeven in punt 4.3.

De evaporatie overdag was absoluut gezien niet groot. In verhouding tot de transpiratie overdag was de evaporatie in het begin van de teelt echter tamelijk groot. De verhouding tussen evaporatie en evapotranspiratie liep terug van 0.5 in januari tot 0.15 in augustus.

Bij de gemiddelde verdamping overdag is de lengte van de lichtperiode mede bepalend voor de grootte van de verdamping. In figuur 5b is daarvoor de gemiddelde verdamping overdag gedeeld door het aantal uren licht en weergegeven in mm per uur.

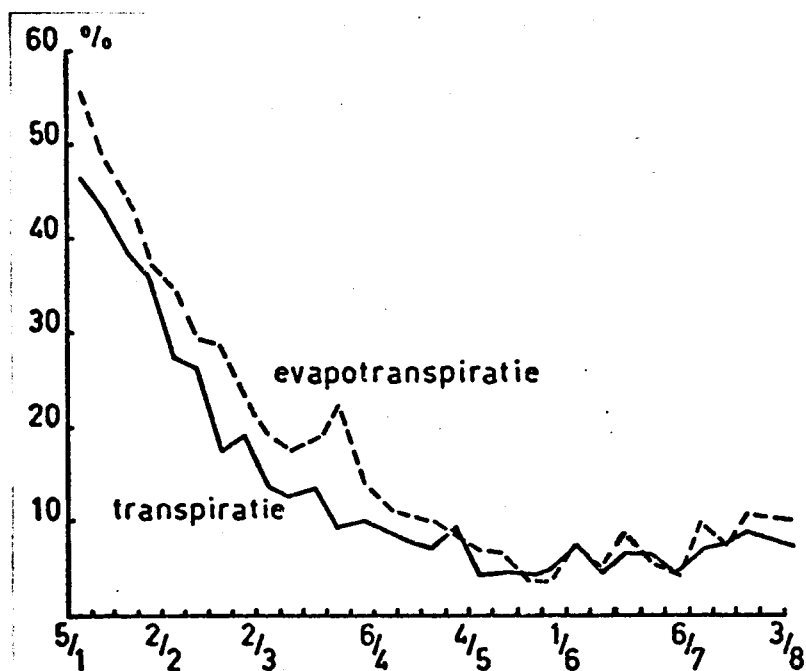
Een en ander heeft tot gevolg dat de gemiddelde verdamping per uur in verhouding over een kortere periode toeneemt tot een bepaald maximum. Dit maximum ligt in verhouding lager dan het maximum bij gemiddelde verdamping overdag.

In figuur 5c is de gemiddelde verdamping 's-nachts over opeenvolgende perioden van zeven dagen weergegeven voor de plant op weegschaal 2. Ook in deze figuur is duidelijk de invloed van plantgrootte en nachtlengte merkbaar. Zo neemt tot begin maart onder invloed van de toename van de plantlengte de nachtelijke verdamping toe ondanks korter worden van de nachtlengte. Hierna bleef de gemiddelde nachtelijke verdamping tot begin april vrij constant, om vervolgens af te nemen onder invloed van het korter worden van de nachten. In de maanden mei en juni bereikte de verdamping een minimum.

Bovendien was dan zoals uit figuur 5c blijkt de evapotranspiratie slechts weinig hoger dan de transpiratie. Na half juli neemt de verdamping weer toe.

De in verhouding grotere invloed van het afdekken van het bakoppervlak op de nachtelijke verdamping dan op de verdamping overdag komt duidelijk naar voren uit vergelijking van figuur 5a met figuur 5c. Zoals uit figuur 5c blijkt is vooral in de maanden januari tot en met april het verschil tussen de transpiratie en de evapotranspiratie 's-nachts groot. In mei, juni en juli is dit verschil daarentegen veel kleiner, wat samenhangt met het afnemen van de invloed van stoken op de verdamping in het bijzonder 's-nachts. Figuur 5c duidt er op dat stoken 's-nachts blijkbaar vooral invloed heeft op de evaporatie vanaf het bakoppervlak en minder op de transpiratie van de plant.

Uit de waarnemingen blijkt dat de verdamping 's-nachts in verhouding vrij groot kan zijn. In de maanden januari en februari zelfs bijzonder groot. Een overzicht van het verloop van de verdamping 's-nachts in procenten van de totale dagverdamping geeft figuur 6. De lange nachten in het begin van de teelt bepalen mede het hoge percentage in januari en februari.



Figuur 6 Verdamping van tomaat gedurende de nacht in % van de verdamping per etmaal

In figuur 5d is ook voor de nacht de gemiddelde verdamping per uur weergegeven. Uit vergelijking van figuur 5d met 5c blijkt dat de afname van de transpiratie 's-nachts vooral samen hangt met het korter worden van de nachten, want de gemiddelde transpiratie per uur blijft ook na half april op een gelijk niveau.

In hoeverre hierbij de toename van de plantlengte c.q. bladmassa een nog merkbare invloed heeft is moeilijk na te gaan, dit in tegenstelling met de invloed van de straling en plantlengte op de transpiratie overdag.

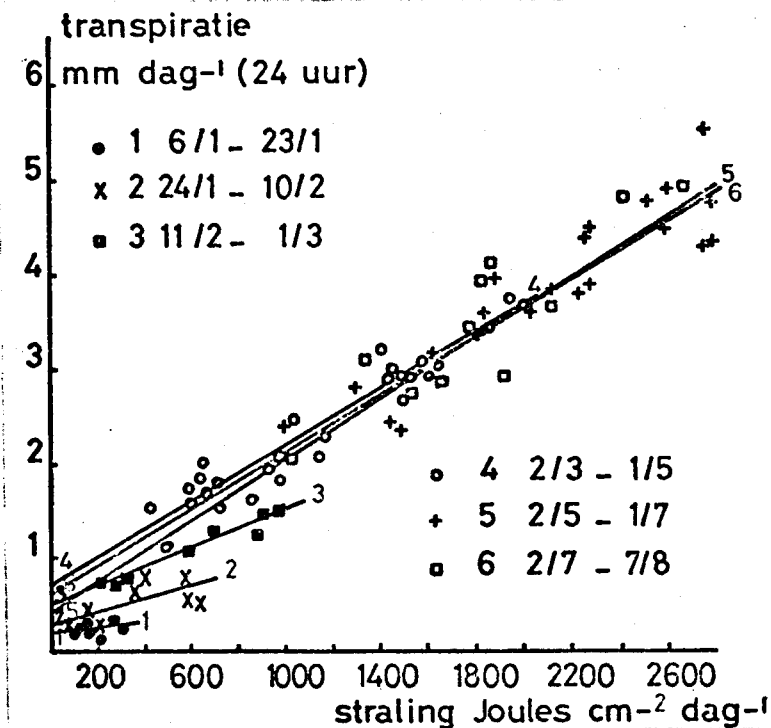
De evaporatie nam 's-nachts echter ook voor het gemiddelde per uur na half april nog af door de vermindering van de stookinvloed.

In juli nam de verdamping 's-nachts vrij sterk toe. De toename van de transpiratie hangt mogelijk samen met een gunstig effect van het het doorspoelen van het veensubstraat in de bak in begin juli.

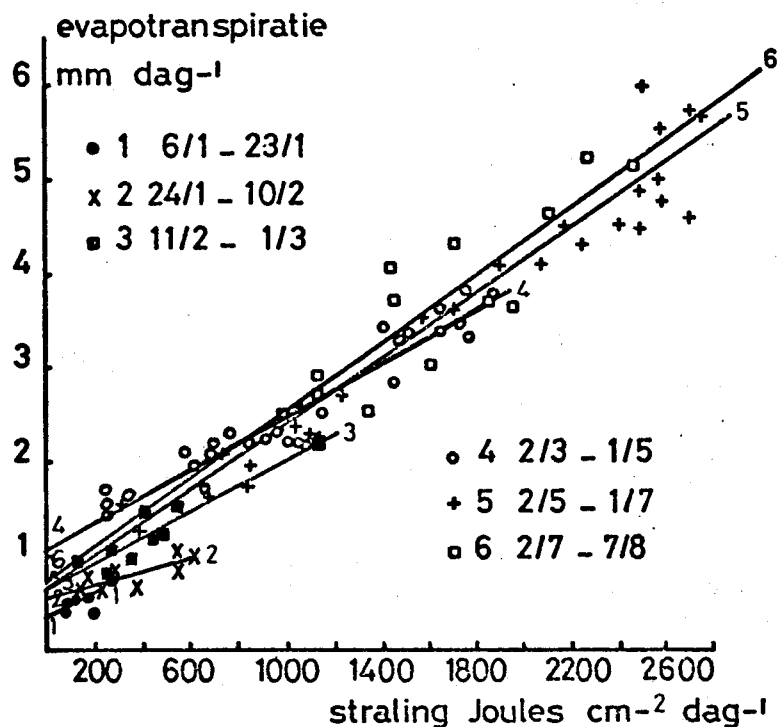
De toename van de evaporatie na half juli is niet helemaal duidelijk en lijkt zelfs groter dan op grond van het weer geleidelijk aan toenemen van de stookinvloed gedurende de nacht verklaard kan worden.

4.3. Verband tussen verdamping en straling

In figuur 7 en 8 zijn de totale dag transpiratie en evapotranspiratie van de plant op weegschaal 2 (behandeling weegschaal 2a en 2b) in afdeling 3 uitgezet tegen de boven het glasdek gemeten globale straling



Figuur 7 Verband tussen de buiten de kas gemeten globale straling en de totale dagtranspiratie van de plant op weegschaal 2 (behandeling weegschaal 2a).



Figuur 8 Verband tussen de buiten de kas gemeten globale straling en de totale dagevapotranspiratie van de plant op weegschaal 2 (behandeling weegschaal 2b).

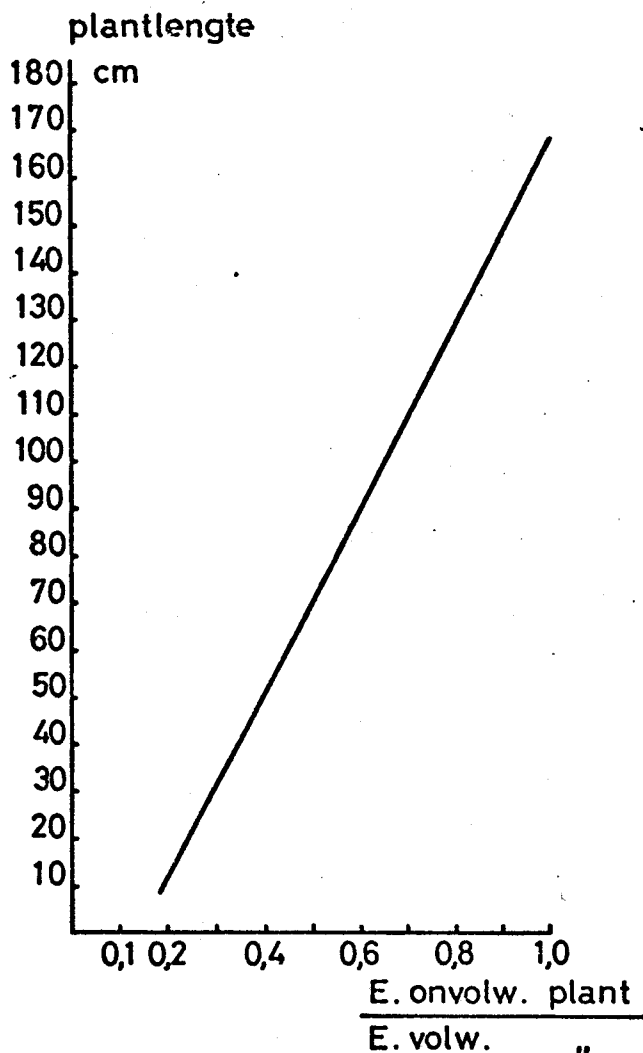
De punten in de figuur hebben betrekking op perioden van 24 uur. Gedurende de eerste twee maanden nam de transpiratie bij een gegeven stralingsniveau sterk toe ten gevolge van de lengte groei van de plant. Nadat de plant een lengte van omstreeks 160 à 180 cm had bereikt vond geen verdere toename van de verdamping bij een gegeven straling plaats, hoewel de plantlengte toenam tot 245 cm en de plant daarna vanaf de draad naar beneden groeide. Kennelijk werd bij een plantlengte van 160 à 180 cm bij een plantafstand van 50 cm (2.5 plant per m²) voor tomaat een toestand bereikt waarbij de stralingsinterceptie door het gewas maximaal is geworden.

Voor het onvolgroeide gewas is in figuur 7 en 8 onderscheid gemaakt in drie perioden met de daarbij horende plantlengte, waardoor de toenemende straling en plantlengte in beeld kan worden gebracht.

Voor het volgroeide gewas is in figuur 7 en 8 ook onderscheid gemaakt in drie perioden. Deze drie perioden geven geen grote verschillen te zien. Van een verandering van het verband tussen globale straling en transpiratie zoals dit in de herfstteelt met paprika's werd gevonden (Hamaker en de Graaf 1978) is hier ook aan het einde van de teelt nog geen sprake.

Uit de regressie lijnen van figuur 7 kan onder enig voorbehoud de verhouding worden berekend van de transpiratie bij een gegeven plantlengte en bij een lengte van 160 à 180 cm.

In figuur 9 is deze verhouding voor verschillende plantlengten weer gegeven.



Figuur 9 Verband tussen de plantlengte van tomaat en de transpiratie onvolwassen plant gedeeld door de transpiratie volwassen plant.

Tabel 4a en 4b hebben betrekking op de berekeningen van de lineaire regressie vergelijkingen voor de verschillende perioden voor de plant op weegschaal 2 (behandeling weegschaal 2a, 2b).

De vergelijkingen zijn gegeven met de straling uitgedrukt in de gebruikelijke eenheden Joules per cm² per dag en in de met de straling equivalente hoeveelheden latente warmte in mm per dag.

De resultaten van de berekeningen wijzen er op dat gerekend over de periode met de volgroeide plant (2/2 - 7/8) en uitgaande van de transpiratie 37% van de globale buitenstraling in latente warmte werd omgezet. Gerekend over de gehele teeltperiode bedroeg dit 42%.

Wordt bij de berekening tevens de verdamping vanaf het bakoppervlak betrokken dan lag dit percentage voor de periode van 2 maart tot en met 7 augustus op 41% en voor de gehele teeltperiode op 45%.

Tabel 4a Regressie vergelijkingen voor het verband tussen de transpiratie E van de plant op weegschaal 2 in kasafdeling 3 (behandeling weegschaal 2a) en de boven het glasdek gemeten globale straling S.

Periode	Gemiddelde lengte	E: mm dag ⁻¹ ; S: J cm ⁻² dag ⁻¹	r
6/1 t/m 23/1	40 cm	$E = 1.91 \times 10^{-4} S + 0.22$	0.20
24/1 t/m 10/2	78 cm	$E = 6.54 \times 10^{-4} S + 0.30$	0.67
11/2 t/m 1/3	130 cm	$E = 1.01 \times 10^{-3} S + 0.50$	
2/3 t/m 1/5	} > 160 cm	$E = 1.48 \times 10^{-3} S + 0.70$	0.96
2/5 t/m 1/7		$E = 1.59 \times 10^{-3} S + 0.44$	0.96
2/7 t/m 7/8		$E = 1.51 \times 10^{-3} S + 0.61$	0.81
6/1 t/m 7/8		$E = 1.71 \times 10^{-3} S + 0.23$	0.96
2/3 t/m 7/8		$E = 1.52 \times 10^{-3} S + 0.61$	0.94
		E: mm dag ⁻¹ ; S [*] mm dag ⁻¹	
6/1 t/m 23/1	40 cm	$E = 0.05 S^* + 0.22$	0.20
24/1 t/m 10/2	78 cm	$E = 0.16 S^* + 0.30$	0.67
11/2 t/m 1/3	130 cm	$E = 0.25 S^* + 0.50$	0.96
2/3 t/m 1/5	} > 160 cm	$E = 0.36 S^* + 0.70$	0.96
2/5 t/m 1/7		$E = 0.39 S^* + 0.44$	0.96
2/7 t/m 7/8		$E = 0.37 S^* + 0.61$	0.81
6/1 t/m 7/8		$E = 0.42 S^* + 0.23$	0.96
2/3 t/m 7/8		$E = 0.37 S^* + 0.61$	0.94
$S^* \text{ (mm dag}^{-1}\text{)} = 4.02 \times 10^{-3} S / \text{J cm}^{-2} \text{ dag}^{-1}$			

Tabel 4b Regressie vergelijkingen voor het verband tussen de evapotranspiratie E van de plant plus bakoppervlak op weegschaal 2 in kasafdeling 3 (behandeling weegschaal 2b) en de boven het glasdek gemeten globale straling S.

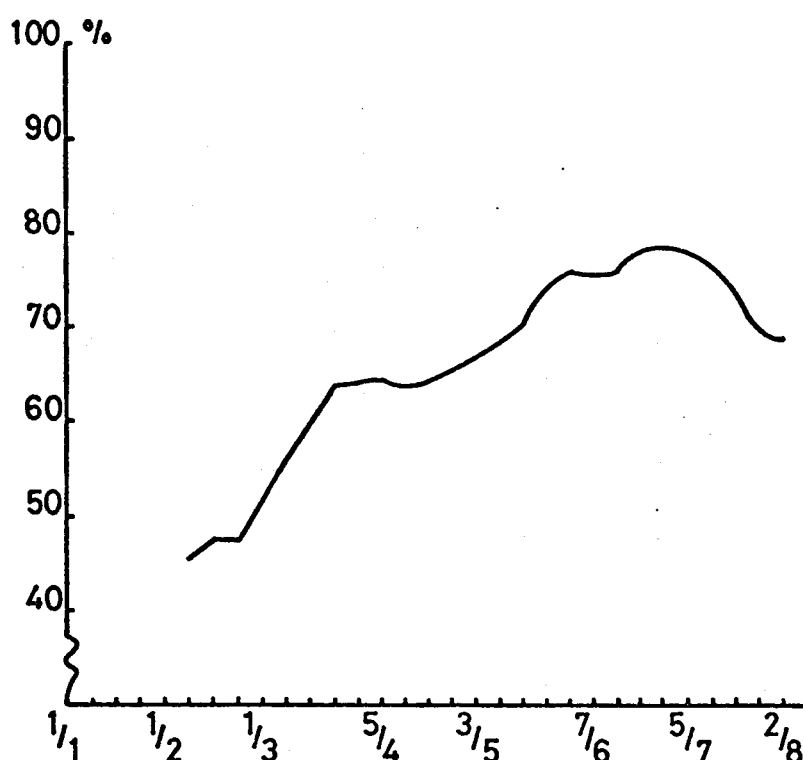
Periode	Gemiddelde lengte	E: mm dag ⁻¹ ; S: J cm ⁻² dag ⁻¹	r
6/1 t/m 23/1	40 cm	$E = 1.23 \times 10^{-3} S + 0.35$	0.62
24/1 t/m 10/2	78 cm	$E = 6.36 \times 10^{-4} S + 0.57$	0.82
11/2 t/m 1/3	130 cm	$E = 1.38 \times 10^{-3} S + 0.64$	0.94
2/3 t/m 1/5	} > 160 cm	$E = 1.41 \times 10^{-3} S + 1.07$	0.96
2/5 t/m 1/7		$E = 1.73 \times 10^{-3} S + 0.66$	0.96
2/7 t/m 7/8		$E = 1.79 \times 10^{-3} S + 0.73$	0.89
6/1 t/m 7/8		$E = 1.82 \times 10^{-3} S + 0.52$	0.97
2/3 t/m 7/8		$E = 1.66 \times 10^{-3} S + 0.83$	0.96
		E = mm dag ⁻¹ ; S [⊗] mm dag ⁻¹	
6/1 t/m 23/1	40 cm	$E = 0.30 S^{\otimes} + 0.35$	0.62
24/1 t/m 10/2	78 cm	$E = 0.16 S^{\otimes} + 0.57$	0.82
11/2 t/m 1/3	130 cm	$E = 0.34 S^{\otimes} + 0.64$	0.94
2/3 t/m 1/5	} > 160 cm	$E = 0.35 S^{\otimes} + 1.07$	0.96
2/5 t/m 1/7		$E = 0.43 S^{\otimes} + 0.66$	0.96
2/7 t/m 7/8		$E = 0.44 S^{\otimes} + 0.73$	0.89
6/1 t/m 7/8		$E = 0.45 S^{\otimes} + 0.52$	0.97
2/3 t/m 7/8		$E = 0.41 S^{\otimes} + 0.83$	0.96
$S^{\otimes} \text{ (mm dag}^{-1}\text{)} = 4.02 \times 10^{-3} S \text{ (J cm}^{-2}\text{ dag}^{-1}\text{)}$			

In de periode van 6 januari tot en met 1 maart bij een nog onvolgroeide plant lag het percentage globale straling dat in latente warmte werd omgezet heel wat lager. Een aantal van deze berekeningen zijn echter zoals uit de correlatie coëfficiënten blijkt niet of minder betrouwbaar.

4.4. Verband tussen de buiten en binnen gemeten straling

De voelers van de zonintegratoren, waarmee de straling onder het glasdek werd gemeten, werden zodanig opgesteld dat deze met de groei van de planten mee omhoog konden worden gebracht. De voelers werden, tot aan de draad toe, aangebracht ter hoogte van de kappen van de planten. De hoogste stand van de voelers komt derhalve overeen met de hoogte van de draad 245 cm boven maaiveld. De laagste stand met circa 30 cm boven maaiveld.

De binnen gemeten straling is gemiddeld over de drie afdelingen in procenten van de buiten gemeten straling weergegeven in figuur 11.



Figuur 11 Verloop van de onder het glas gemeten straling in procenten van de buiten de kas gemeten straling.
(gemiddeld per drie afdelingen in procenten overperioden van zeven dagen).

In februari lag dit percentage op 45 à 50% om tot eind juni geleidelijk aan op te lopen tot 79%. Na eind juni daalde het percentage weer geleidelijk tot 69% in begin augustus.

Het geleidelijk aan oplopen en na eind juni geleidelijk aan dalen van dit percentage is waarschijnlijk het gevolg van de toename of afname van de daglengte en het beschrijven van een hogere of lagere baan van de zon.

Per kasafdeling werd slechts op één punt ter hoogte van de koppen van de plant de straling binnen de kas gemeten. Achteraf bestaat er enige twijfel in hoeverre de gevonden cijfers representatief zijn voor de straling die van buiten de kas binnen dringt.

In het bijzonder de metingen in de beginperiode waren aan de lage kant. De voelers van de zonintegratoren stonden in de beginperiode nog dicht bij de grond, wat mogelijk de lage cijfers veroorzaakt kan hebben.

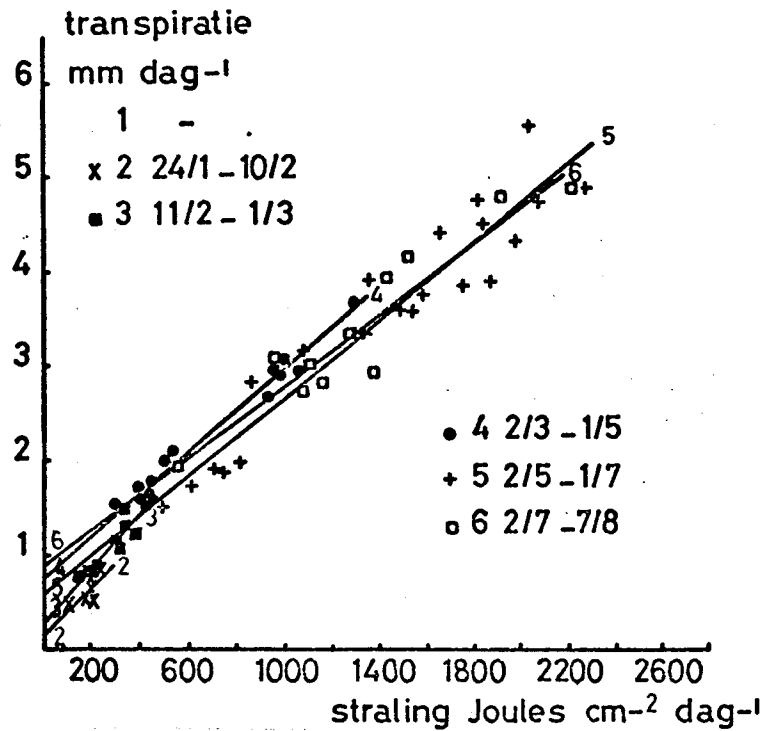
Eind maart trad er een vrij plotselinge stilstand op in de toename van het percentage binnen gemeten straling. Na half april nam het percentage weer toe. Deze vrij plotselinge stilstand werd hoogst waarschijnlijk veroorzaakt door een vergrote invloed van schaduwgevende delen in de kas.

Onderzoek naar de juiste plaats in het benodigde aantal voelers voor een goede meting van de straling binnen een kas is gewenst. Aan de hand van het percentage straling dat binnen werd gemeten en van het percentage van de globale straling dat in latente warmte werd omgezet kan het percentage bekend worden van de binnen gemeten straling dat in latente warmte werd omgezet.

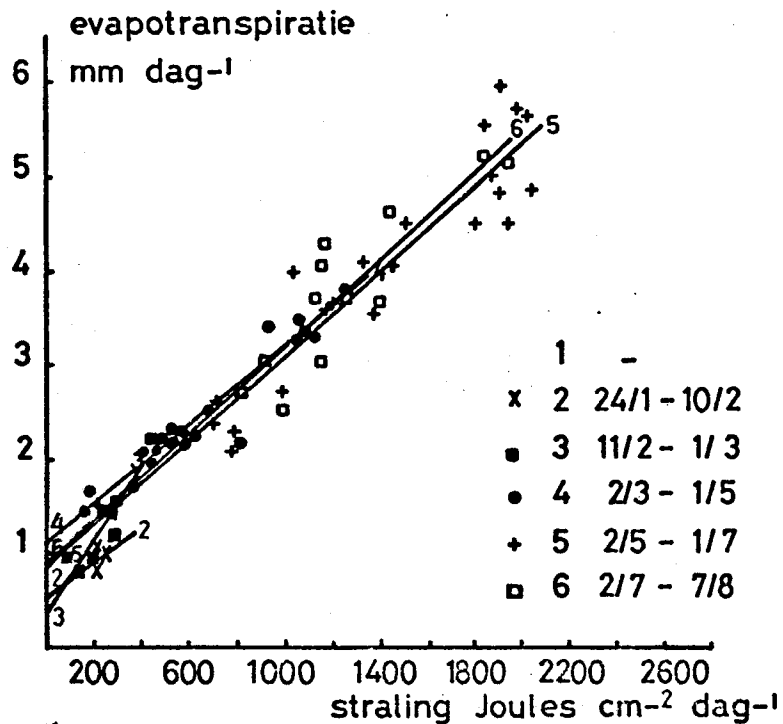
Voor de periode met de volgroeide plant (2/3 - 7/8) werd gemiddeld 69% van de globale straling binnen de kas gemeten en werd 37% van de globale straling omgezet in latente warmte. Van de binnen de kas gemeten straling werd aldus 54% in latente warmte omgezet. Wordt bij de berekening tevens de evaporatie van af het bakoppervlak betrokken dan wordt 41% van de globale straling omgezet in latente warmte. Van de binnen de kas gemeten straling wordt dan 59% in latente warmte omgezet.

Het gemeten percentage straling van 69% van de globale straling dat tijdens de periode met de volgroeide plant de kas binnen dringt stemt overeen met eerder gedaan onderzoek (Post van der, van Schie 1969). Ook het percentage van de binnen gemeten straling van 59% dat voor de evapotranspiratie werd gebruikt stemt overeen met eerder gedaan onderzoek; 65 à 70% (Rothnell en Jones 1961), 60% (Lake 1966), 60% (Bierhuizen 1963), 60% (Post van der en van Schie 1969).

Het verband tussen de binnen de kas gemeten straling en de transpiratie of evapotranspiratie van de plant op weegschaal 2 zijn weergegeven in figuur 12 en 13, de berekeningen van de lineaire regressie vergelijkingen in tabel 5a en 5b.



Figuur 12 Verband tussen de binnen de kas gemeten straling en de totale dagtranspiratie van de plant op weegschaal 2 (behandeling weegschaal 2a).



Figuur 13 Verband tussen de binnen de kas gemeten straling en de totale dagevapotranspiratie van de plant op weegschaal 2 (behandeling weegschaal 2b).

Tabel 5a Regressie vergelijkingen voor het verband tussen de transpiratie E van de plant op weegschaal 2 in kasafdeling 3 (behandeling weegschaal 2a) en de binnen de kas gemeten straling S_1 .

Periode	Gemiddelde lengte	E: mm dag ⁻¹ ; S_1 : J cm ⁻² dag ⁻¹	r
6/1 t/m 23/1	40 cm	-	-
24/1 t/m 10/2	78 cm	$E = 2.49 \times 10^{-3} S_1 + 0.19$	0.71
11/2 t/m 1/3	130 cm	$E = 2.88 \times 10^{-3} S_1 + 0.31$	0.92
2/3 t/m 11/9	} > 160 cm	$E = 2.20 \times 10^{-3} S_1 + 0.77$	0.98
2/5 t/m 1/7		$E = 2.07 \times 10^{-3} S_1 + 0.60$	0.95
2/7 t/m 7/8		$E = 1.92 \times 10^{-3} S_1 + 0.89$	0.94
6/1 t/m 7/8		$E = 2.14 \times 10^{-3} S_1 + 0.58$	0.97
2/3 t/m 7/8		$E = 1.96 \times 10^{-3} S_1 + 0.83$	0.96
		E: mm dag ⁻¹ : $S_1^{\#}$ mm dag ⁻¹	
6/1 t/m 23/1	40 cm	-	-
24/1 t/m 10/2	78 cm	$E = 0.62 S_1^{\#} + 0.19$	0.71
11/2 t/m 1/3	130 cm	$E = 0.72 S_1^{\#} + 0.31$	0.92
2/3 t/m 1/5	} > 160 cm	$E = 0.55 S_1^{\#} + 0.77$	0.98
2/5 t/m 1/7		$E = 0.51 S_1^{\#} + 0.60$	0.95
2/7 t/m 7/8		$E = 0.48 S_1^{\#} + 0.89$	0.94
6/1 t/m 7/8		$E = 0.53 S_1^{\#} + 0.58$	0.97
2/3 t/m 7/8		$E = 0.49 S_1^{\#} + 0.83$	0.96
$S_1^{\#}$ (mm dag ⁻¹) = $4.02 \times 10^{-3} S_1$ (J cm ⁻² dag ⁻¹)			

Tabel 5b Regressie vergelijkingen voor het verband tussen de evapotranspiratie E van de plant plus bakoppervlak op weegschaal 2 in kasafdeling 3 (behandeling weegschaal 2b) en de binnen de kas gemeten straling S_1 .

Periode	Gemiddelde lengte	E: mm dag ⁻³ : J cm ⁻² dag ⁻¹	r
6/1 t/m 24/1	40 cm	-	-
24/1 t/m 10/2	78 cm	$E = 1.82 \times 10^{-3} S_1 + 0.53$	0.84
11/2 t/m 1/3	130 cm	$E = 3.83 \times 10^{-3} S_1 + 0.37$	0.92
2/3 t/m 1/5	} >160 cm	$E = 2.10 \times 10^{-3} S_1 + 1.10$	0.96
2/5 t/m 1/7		$E = 2.24 \times 10^{-3} S_1 + 0.85$	0.94
2/7 t/m 7/8		$E = 2.32 \times 10^{-3} S_1 + 0.87$	0.88
6/1 t/m 7/8		$E = 2.30 \times 10^{-3} + 0.83$	0.97
2/3 t/m 7/8		$E = 2.16 \times 10^{-3} + 1.03$	0.96
		E: mm dag ⁻¹ : $S_1^{\times} + \text{dag}^{-1}$	
6/1 t/m 24/1	40 cm	-	-
24/1 t/m 10/2	78 cm	$E = 0.45 S_1^{\times} + 0.53$	0.84
11/2 t/m 1/5	130 cm	$E = 0.95 S_1^{\times} + 0.37$	0.92
2/3 t/m 1/5	} >160 cm	$E = 0.52 S_1^{\times} + 1.10$	0.96
2/5 t/m 1/7		$E = 0.56 S_1^{\times} + 0.85$	0.94
2/7 t/m 7/8		$E = 0.58 S_1^{\times} + 0.87$	0.88
6/1 t/m 7/8		$E = 0.57 S_1^{\times} + 0.83$	0.97
2/3 t/m 7/8		$E = 0.54 S_1^{\times} + 1.03$	0.96
$S_1^{\times} \text{ (mm dag}^{-1}\text{)} = 4.02 \times 10^{-3} S_1 \text{ (J cm}^{-2} \text{ dag}^{-1}\text{)}$			

De resultaten van de berekeningen wijzen erop dat gerekend over de periode met de volwassen plant uitgaande van de transpiratie 49% en van de evapotranspiratie 54% van de binnen gemeten straling in latente warmte werd omgezet. Deze percentages liggen (5%) lager dan de eerder berekende percentages uit de gegevens van de evapotranspiratie, de globale straling en het percentage binnen gemeten straling. De vooral in figuur 7 bij de nog onvolgroeide plant duidelijk te onderscheiden drie groeistadia blijken minder duidelijk te zijn als in plaats van de globale straling de binnen de kas gemeten straling wordt vergeleken met de transpiratie. De oorzaak is hoogstwaarschijnlijk de reeds eerder genoemde twijfels, vooral in de periode met de nog onvolgroeide plant, ten aanzien van een juiste meting van de straling binnen in de kas.

†

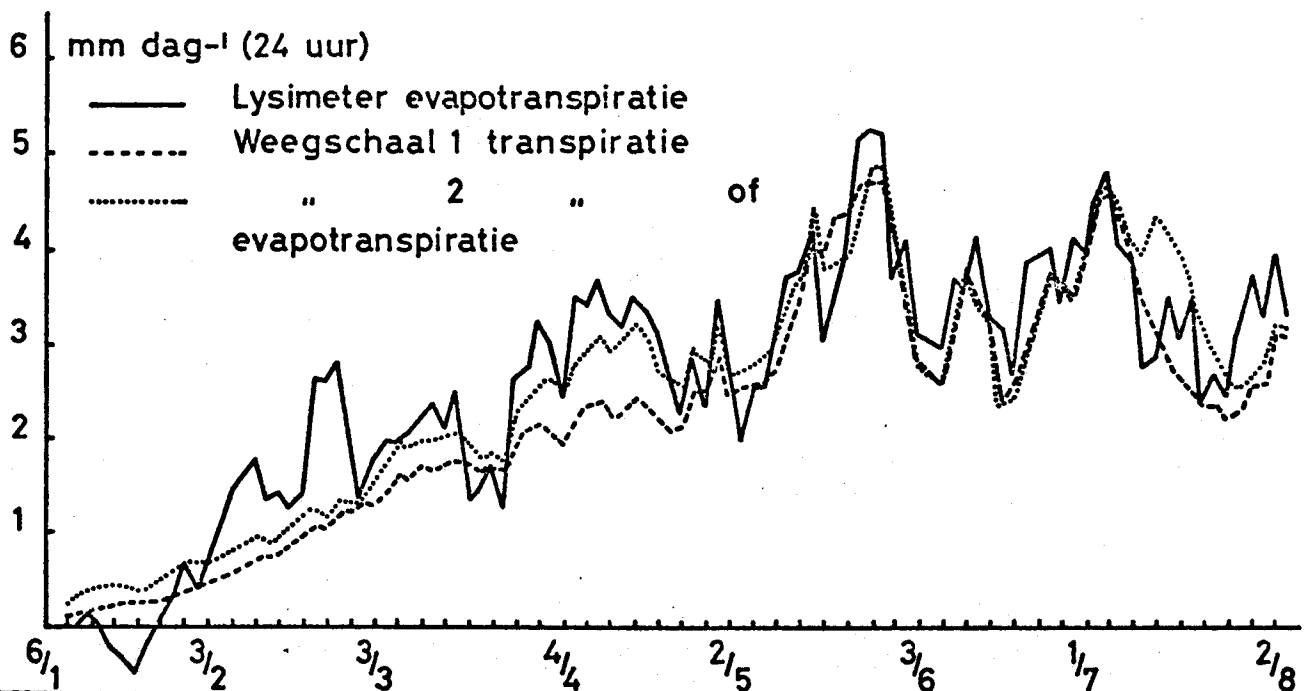
4.5. Verband tussen de verdamping gemeten met de weegschalen en de lysimeter

Met behulp van de weegschalen werden gedetailleerde gegevens verzameld. De vraag kan gesteld worden in hoeverre deze gegevens overeenkomen met de praktijkomstandigheden. Vergelijking van de gegevens van de weegschalen met de gegevens van lysimeter 2, die met de praktijkomstandigheden betreft betere perspectieven biedt, kan hier het antwoord opgeven.

Uit vergelijking van de cijfers van de totale evapotranspiratie over de gehele teelt kon reeds eerder de conclusie worden getrokken, dat de evapotranspiratie van behandeling weegschaal 2b en lysimeter 2 in het algemeen goed overeen kwamen.

Om deze vraag te kunnen beantwoorden voor de verdamping over korte perioden werden de uit de waterbalans afgeleide evapotranspiratie van lysimeter 2 en de met weegschaal 1 gemeten transpiratie en de met weegschaal 2 gemeten transpiratie of evapotranspiratie met elkaar vergeleken door berekening van de gemiddelde (evapo)transpiratie voor opeenvolgende perioden van zeven dagen^{*}.

Voor lysimeter 2 werd de evapotranspiratie berekend volgens het voortschrijdend gemiddelde (Hamaker en de Graaf 1978). De met de weegschalen geregistreeerde gewichtsveranderingen werden op de zelfde wijze bewerkt. Resultaten van de berekening zijn weergegeven in figuur 14.



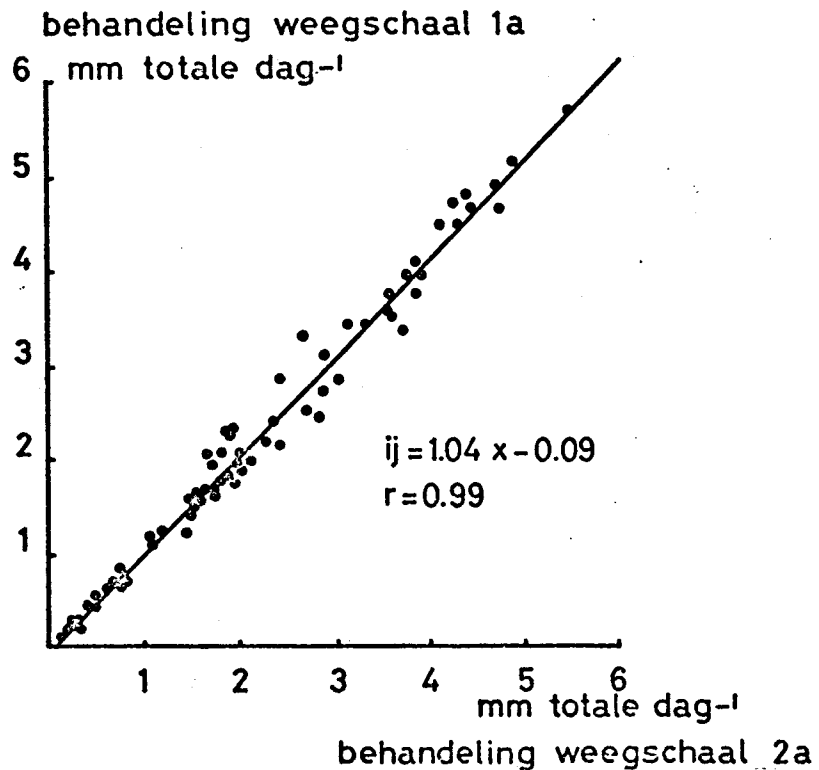
Figuur 14 Verloop van de verdamping van lysimeter 2 en van de planten op de weegschalen.

* Vergelijking van de evapotranspiratie van behandeling weegschaal 2b met lysimeter 2 is over korte perioden niet goed mogelijk, omdat hierbij uitgegaan wordt van 94 niet opeenvolgende dagen.

Het berekende verloop van de lysimeter was vooral tot maart minder regelmatig dan van de weegschalen. Na maart zijn de pieken en dalen van lysimeter en weegschalen meer aan elkaar gelijk. Het niveau verschil kwam reeds in punt 4.1 ter sprake. Bij de bespreking van het waterverbruik onder punt 4.1 werd opgemerkt dat het verschil tussen de evapotranspiratie van lysimeter 2 en van de transpiratie van de plant op weegschaal 1 totaal 76 mm of gemiddeld per dag 0.36 mm bedroeg. Uit figuur 12 blijkt dat dit verschil vooral de eerste helft van de teelt aanwezig was.

De planten geteeld in de bakken op de weegschalen ontwikkelden zich hagenoeg gelijk aan de in de grond gepote planten. Ook hierbij kan de vraag gesteld worden in hoeverre beide planten, ook over korte perioden, gelijk verdampten. Vergelijking van de verdamping van de planten op de weegschalen weergegeven in figuur 12 toont aan dat de verdamping in het algemeen goed overeenkwam als het niveau verschil dat op trad door het al of niet verdampen van af het bakoppervlak buiten beschouwing wordt gelaten.

Tijdens twee perioden in april en juli bleef de transpiratie van de plant op weegschaal 1 extra achter ten opzichte van de verdamping van de plant op weegschaal 2. Het achterblijven van de transpiratie ging samen met een zichtbare minder goede stand van het gewas. Uit de transpiratie gegevens van behandeling weegschaal 2a kan het verband worden weergegeven en berekend tussen de transpiratie van beide planten. In figuur 15 is de transpiratie van beide planten tegen elkaar uitgezet. Uit deze figuur en uit de regressie vergelijking ($y = 1.04x - 0.09$, $r = 0.99$) blijkt duidelijk het grote verband dat bestaat tussen de transpiratie van beide planten.



Figuur 15 Verband tussen de totale dagtranspiratie van de plant op weegschaal 1 (behandeling weegschaal 1a) en van de plant op weegschaal 2 (behandeling weegschaal 2a):

4.6. Straling en watervoorziening

Het baseren van de gootte van de dagelijkse watergift op de straling vanaf maart zoals omschreven in punt 3.2. heeft goed voldaan.

Het bij de berekening van de watergift extra toegevoegd percentage nader voor het doorspoelen tijdens de teelt van 20% werd voor wat lysimeter 1 en 2 betreft in de grootte van de drainafvoer terug gevonden.

Over het punt straling en watervoorziening wordt een apart verslag geschreven.

4.7. Opbrengst gegevens

Per lysimeter, een vergelijkbaar vak met 16 buiten de proefplanten en de weegschalen werd de totale opbrengst aan vruchten bepaald en in onderstaande tabel 6 in grammen per plant weergegeven.

Behandeling	Opbrengst in grammen per plant
lysimeter 1	7440
" 2	7464
" 3	6331
buiten de proefafd.1	7429
" " 2	7485
" " 3	6976
weegschaal 1 aafd.2	7296
" 2 " 3	6861

Tabel 6.

Aan deze opbrengstgegevens in "enkelvoud" mag geen al te grote waarde worden toegekend. De gemiddeld lagere opbrengst per plant in de lysimeter de weegschaal en het buiten de proefvak in afdeling 3 zou erop kunnen wijzen, dat de omstandigheden voor groei en ontwikkeling van de plant en daarmee de verdamping minder gunstig geweest zijn dan in de andere twee afdelingen.

5. SAMENVATTING EN CONCLUSIES

Het waterverbruik bij stooktomaten in de lysimeterkas op het proefstation te Naaldwijk werd bestudeerd.

In de lysimeterkas werd gebruik gemaakt van drie lysimeters met 16 planten en van twee kleine weegschalen voor individuele planten. De lysimeters gaven nauwkeurige gegevens over het waterverbruik van het gewas en aan de verdamping vanaf het grondoppervlak. Deze gegevens waren weliswaar niet gedetailleerd, maar daar stond tegenoverdat het gemeten waterverbruik gezien de groeiomstandigheden van de planten in de lysimeters als representatief voor een gewas onder praktijkomstandigheden beschouwd mochten worden.

In tegenstelling met voorafgaand onderzoek waren er dit maal tussen de drie lysimeters onderling verschillen aanwezig. Het totale waterverbruik voor de periode van zeven maanden varieerde van 500 tot 561 mm. Met de weegschalen werden gedetailleerde metingen betreffende de transpiratie en de evapotranspiratie gedurende de nacht- en dag (licht) periode verkregen. De gegevens van de dag(licht) periode werden in verband gebracht met de globale straling.

Bij een vergelijking van de gegevens van de twee weegschalen onderling bleek de transpiratie van beide planten in het algemeen goed met elkaar overeen te komen.

De uit gegevens van de plant op weegschaal 2 berekende totale evapotranspiratie blijkt goed overeen te komen met de voor lysimeter 2 berekende evapotranspiratie, zodat vergelijking van de plant op weegschaal 2 en lysimeter 2 gerechtvaardigd lijkt.

Voor de totale teelt periode bedroeg het percentage transpiratie dat 's-nachts plaatsvond 7,5 à 8,5% en het percentage evapotranspiratie 11% van de totale dag (evapo) transpiratie. In het begin van de teelt werden wel percentages gemeten van omstreeks 50%.

Voor de totale duur van de teelt zou de evaporatie geschat kunnen worden op 59 mm (20.5 's-nachts en 38.5 overdag).

De binnen de kas gemeten straling varieerde afhankelijk van het seizoen en liep uiteen van circa 50% in februari tot 79% eind juni van de buiten de kas gemeten globale straling. Nader onderzoek naar de juistheid van de binnen de kas gemeten straling is gewenst.

De resultaten van het onderzoek hebben opnieuw duidelijk aangetoond, dat de globale straling als uitgangspunt voor de vaststelling van het waterverbruik en de te beregenen hoeveelheid water gebruikt kunnen worden.

De met stoken in de kas gebrachte energie en de invloed hiervan op de verdamping vereisen nader en voortgezet onderzoek.

De lysimeters bieden de mogelijkheid om nauwkeurige gegevens te verzamelen en hieruit vrij nauwkeurig de verdamping te berekenen.

Bij het opzetten van bepaalde proeven moet wel rekening worden gehouden met eventuele onderlinge verdampingsverschillen tussen de lysimeters.

De weegschalen bieden indien er geen al te grote problemen optreden met de individuele planten goede mogelijkheden om gedetailleerde metingen betreffende de verdamping te verkrijgen en vormen een aanvulling op de gegevens verkregen met de lysimeters.

6. LITERATUUR

- Bierhuizen, J.F., 1962. Growth and water use of vegetables in a greenhouse.
Verspr. Overdruk I.C.W., 1963, nummer.11.
- Graaf, R. de, 1976. Watervoorziening bij teelten onder glas (waterbehoefte van de plant). Informatiereeks no 17, Proefstation voor de Groenten- en Fruitteelt onder Glas.
- Hamaker, Ph., 1978. Lysimeterinstallaties op het Proefstation voor de Groenten- en Fruitteelt onder Glas te Naaldwijk.
Intern verslag no 22. Proefstation voor de Groenten- en Fruitteelt onder Glas, Naaldwijk (tevens als nota 1029 van het I.C.W.)
- Hamaker, Ph. en R. de Graaf, 1978. Onderzoek naar de waterhuishouding bij de teelt van paprika's en komkommers in het najaar.
Intern verslag no 20. Proefstation voor de Groenten- en Fruitteelt onder Glas, Naaldwijk (tevens als nota 1030 van het I.C.W.)
- Lake, J.V., 1966. Seasonal variations in the water loss from glass-house tomatoes.
Acta. Hort. 1966 (4): 38-42.
- Post, C.J. van der en J.J. van Schie, 1969. De waterbehoefte van groentengewassen onder verwarmd glas.
Intern verslag. Proefstation voor de Groenten- en Fruitteelt onder Glas.
- Rothwell, J.B. and D.A.G. Jones, 1961. The waterrequirement of tomatoes in relation to solar radiation.
Exp. Hort. 5, 1961: 25-30.