

INSTITUUT VOOR TUINBOUWTECHNIEK  
WAGENINGEN

Recente ontwikkelingen bij de regeling en beheersing  
van het kasklimaat

(Developments in the control of the glasshouse climate)

door

Dr. G.H. Germing



Publicatie nr. 46

Juni 1969

Prijs: f 2,50

418297

## 1. Inleiding.

De teelt van tuinbouwprodukten onder glas ontwikkelt zich langzamerhand tot een industrieel proces. Door de technische ontwikkelingen is een steeds betere beheersing van het kas-klimaat mogelijk en door de maatschappelijke ontwikkelingen wordt dit economisch ook verantwoord.

De realisering van een volledig beheerste teelt met een geplande produktie wordt echter nog sterk belemmerd door het gebrek aan preciese kennis van de eisen van de gewassen. De eisen van het gewas vormen als het ware een wegversmalling waardoor een opbrengstverhoging door een beter kasklimaat wordt belemmerd.

Opbrengstverhogingen zijn echter wel zeer belangrijk, want bij een bedrijfsvergelijkend onderzoek volgens methode van de factoranalyse vond Meijaard (9) dat de verschillen in bedrijfs-uitkomsten hoofdzakelijk bepaald worden door vroegheid en opbrengst.

De eisen van het gewas zijn echter zeer gecompliceerd omdat veelal verschillende fysiologische processen tegelijk gestuurd moeten worden. Hier komt nog bij dat we steeds te doen hebben met wisselwerkingen tussen buitenklimaat, binnenklimaat en gewas.

De gang van zaken, die zich bij het klimaatonderzoek voordoet, is dat een programma van eisen stapje voor stapje wordt vastgesteld uit stukjes kennis verkregen uit fysiologisch, teeltkundig en klimatologisch onderzoek. Vervolgens wordt dit programma van eisen met meer of mindere nauwkeurigheid gerealiseerd en in praktijk getoetst, waarbij weer ervaringen worden opgedaan die tot een betere omschrijving van de eisen leiden enzovoort.

Of dit de snelste weg is, laten we in het midden maar een feit is dat er gewoon te weinig onderzoekcapaciteit is om tot een systematische aanpak te komen. Ook buiten Nederland gebeurt er op dit gebied nog maar weinig. Wel wordt gezocht naar efficiëntere onderzoeksmethoden, zoals berekeningsmodellen, (bijv. toegepast bij probleem temperatuur en vochtigheid,

bij wisselende instraling in hoge en lage kassen (8) en bij onderzoek grondverwarming (5)) multi-factoriële proeven (vergelijken van reacties op een reeks klimaten, vgl. proef-fabriek Naaldwijk) simultane metingen van de klimaatsomstandigheden (7) en de plantactiviteiten (samenwerkingsproject Naaldwijk en I.T.T.). Daarnaast blijft een intensief uitproberen van de gewonnen inzichten onder praktijkomstandigheden noodzakelijk, wat een moeilijk en tijdrovend werk is. Reeds in dit stadium is de moderne regeltechniek onmisbaar voor het realiseren van de te onderzoeken klimaatsregimes, die nog als "prototypen" moeten worden beschouwd.

Het effect van gedifferentieerd luchten, d.w.z. luchtramen verder geopend naarmate temperatuurstijging groter is, en het daaruit af te leiden programma van eisen voor de apparatuur, bijvoorbeeld, konden pas bestudeerd worden toen inderdaad geautomatiseerde luchttingsystemen beschikbaar kwamen. Het resultaat van dit onderzoek was een belangrijke verbetering van de oorspronkelijke apparatuur.

Wat het kasklimaat betreft, de regelsystemen en regelapparatuur die de laatste jaren naar voren zijn gekomen, zijn in wezen nog maar hulpmiddelen voor het verdere onderzoek naar het gewenste kasklimaat en de regeling daarvan.

De veronderstelling dat eerst teeltkundigen de (klimaats)-eisen moeten formuleren, zodat de technici de hiervoor geschikte apparatuur kunnen ontwikkelen is te simpel gebleken: de (regel)-technici moeten al in een veel eerder stadium bij het onderzoek worden betrokken.

## 2. Eisen kasklimaat.

In Nederland is vooral intensief geëxperimenteerd met de regeling van het kasklimaat voor tomaten; de laatste jaren krijgen echter ook sla, anjers en fresia's meer aandacht. Bij deze proeven wordt geprobeerd om met behulp van nieuwe regelapparatuur en technische hulpmiddelen meer inzicht te krijgen in de klimaateisen van de gewassen. De resultaten en ervaringen met tomaat zijn na de nodige aanpassingen ongetwijfeld overdraagbaar op andere gewassen.

Wat die tomaat betreft: mede door de onderzoekresultaten is het aanvoerpatroon van tomaten in economisch opzicht duidelijk verbeterd, toch blijft de aanvoer nog wisselvallig door onvoldoende beheersing van het groei- en produktieproces. Jarenlang heeft de ruimtetemperatuur gegolden als enige parameter voor de klimaatregeling.

Het door Went waargenomen verschijnsel van de thermoperiodiciteit is voor tomaat nader uitgewerkt door Verkerk (15), die aantoonde dat de verhouding tussen assimilatie enerzijds en groei en ademhaling anderzijds, sterk afhangt van de verhouding tussen licht en temperatuur. Bij weinig licht is een verlaging van de (nacht-)temperatuur een middel om de ademhaling en de groei (in het donker) af te remmen, zodat het netto assimilatieoverschot afgestemd kan worden op de gewenste (generatieve) ontwikkeling van het gewas, zoals trosvorming en zetting. Vanuit deze gedachtengang is de licht-afhankelijke temperatuurregeling - hogere temperaturen naarmate er meer licht is - voortgekomen. Maar hoe logisch dit principe ook lijkt, tot een uitgebreide toepassing ervan is het nog steeds niet gekomen, wat vooral komt door gebrek aan exacte gegevens over de betrokken relatie.

Voorts wordt het de laatste jaren steeds duidelijker dat de ruimtetemperatuur een te beperkte basis vormt voor een klimaatregeling.

Met name is het een bekend feit dat een bepaalde streef-temperatuur op verschillende manieren gerealiseerd kan worden: door stoken met gesloten luchtramen of stoken bij meer of minder geopende luchtramen. Maar onder deze verschillende omstandigheden ontwikkelen zich wel twee geheel verschillende gewassen, verschillend in de vochttoestand of waterhuishouding, of met andere woorden een resp. "week" of een "hard" gewas. In de lichtarme teeltperioden speelt vooral het bevorderen van de verdamping, een grote rol. Later, bij sterke instraling, gaat het daarentegen vooral om het beperken van de verdamping. Waarbij moet worden opgemerkt dat het vooral scherpe overgangen in de verdampingscondities zijn die ernstige gevolgen voor het gewas kunnen hebben.

In dit verband wordt wel verondersteld dat de omstandigheden gedurende slechts 5% van de tijd uiteindelijk bepalend zijn voor het al of niet (kwalitatief) slagen van een teelt. Bij tomaat bijvoorbeeld is waargenomen dat een snelle en sterke toename van de verdamping een verstoring geeft van het groei-ritme, waardoor een virus-aantasting manifest kan worden en de zetting van één of meer trossen achterwege blijft (13, 16). Bij sla kan onder deze omstandigheden rand optreden, bij bloemen kwaliteitsverlies (scheuren van anjers).

### 3. Regeling van het kasklimaat.

Het kasklimaatonderzoek is niet blijven wachten op een formulering van de gewaseisen, maar verder gegaan met een klimaatregeling waarbij verwarming en ventilatie niet uitsluitend dienen om een bepaalde ruimtetemperatuur te handhaven, maar ook om de gewasverdamping te reguleren, vooral om scherpe overgangen te voorkomen.

Eentweetal regelsystemen zullen vervolgens globaal besproken worden.

#### .1. Stoken met hete buizen en luchten.

Door Strijbosch c.s. (13) is deze nieuwe benadering voor tomaat nader uitgewerkt door de wijze van stoken en luchten van "de goede tuinder" na te bootsen en te automatiseren. Hieruit is een regelsysteem ontstaan ("Strijbosch" of "Meerel"-systeem), waarbij de ruimtetemperatuur lichtafhankelijk geregeld wordt en wel zodanig, dat bij meer licht een hogere temperatuur wordt ingesteld. De gewenste ruimtetemperatuur wordt gerealiseerd door een zekere temperatuur van het verwarmingswater (de buistemperatuur) gecombineerd met een bepaalde mate van luchting. Voor de luchting is de buistemperatuur de regelgrootheid; daalt de buistemperatuur beneden een ingestelde waarde, dan worden de luchtramen geopend.

De waarde van de buistemperatuur waarbij de luchtramen geopend worden, is afhankelijk van de lichtintensiteit instelbaar en is lager naarmate de lichtintensiteit hoger is omdat de behoefte om de verdamping te stimuleren dan sterk afneemt (zie tabel).

Klimaatregeling systeem Strijbosch  
(vereenvoudigd voorbeeld)

	nacht	dag zonder zon	dag met zon
gewenste ruimtetemperatuur	16°C	20°C	25°C
ramen open bij buistemp. beneden	55°C	55°C	40°C

Het uitgangspunt van deze regeling is het feit dat warmteafvoer en vochttafvoer gekoppeld zijn. Wanneer er weinig afvoer van warmte en dus ook van vocht plaats vindt, bijvoorbeeld bij donker, vochtig, windstil weer, dan wordt de ventilatie groter gemaakt en de verdamping van het gewas gestimuleerd; bij een sterke afvoer blijven de ramen langer gesloten, waardoor de verdamping wordt afgeremd.

Bij de uitvoering van deze regeling komen nog verschillende regeltechnische details te pas die hier buiten beschouwing blijven en die er vooral op gericht zijn om ongewenste situaties te voorkomen, bijv. bij te hoge temperatuur wordt de buis-temperatuur eerst verlaagd en pas daarna worden de luchtramen geopend.

Een kenmerk van de regeling is de grote traagheid van het open gaan van de ramen bij snelle toename van de lichtintensiteit door de langzame afkoeling van het water in de buizen. Hierdoor worden grote en schoksgewijze veranderingen in het kasklimaat tegengegaan.

### 3.2. Vochtdeficitregeling.

Door van Drenth van het I.T.T. is vervolgens een regeling ontworpen die meer direct de verdamping van het gewas beïnvloedt via de verdampingskracht van de kaslucht (3). Deze regeling wordt vochtdeficit- of  $\Delta x$ -regeling genoemd (Afb. 1). Uitgangspunt is het feit dat de gewasverdamping vooral afhankelijk is van het vochtdeficit of  $\Delta x$ , d.w.z. het verschil in vochtgehalte (in grammen waterdamp per kg droge lucht) van de verzadigde lucht bij de heersende temperatuur en het werkelijke vochtgehalte van de kaslucht (Afb. 2).

Hoe groter de  $\Delta x$ , hoe droger de lucht is en hoe meer de verdamping wordt gestimuleerd; een kleine  $\Delta x$ , dus een klein vochttekort, remt daarentegen de verdamping.

Het vochtgehalte van de kaslucht is, binnen bepaalde grenzen, te regelen door verwarming en ventilatie.

Bij de vochtdeficitregeling wordt de kasluchttemperatuur eveneens lichtafhankelijk geregeld, d.w.z. er wordt een nachttemperatuur ingesteld en de dagtemperatuur varieert afhankelijk van de lichtintensiteit. Geheel los van deze temperatuurregeling staat de regeling van het vochtdeficit via de stand van de luchtramen. Het vochtdeficit waarbij gelucht wordt, is instelbaar en kan ook lichtafhankelijk geregeld worden (zie tabel).

#### Klimaatregeling op vochtdeficit (vereenvoudigd voorbeeld)

	nacht	dag zonder zon	dag met zon
gewenste ruimtetemperaturen	16°C	20°C	25°C
ramen open bij vochtdeficit (g water per kg lucht) lager dan	4,3	4,3	5,0

Ook deze regeling is gericht op het voorkomen van sterke schommelingen in de verdamping, waarbij moet worden opgemerkt dat het vocht in de kaslucht er grotendeels door de planten zelf wordt ingebracht. Enkele bijkomende voorzieningen zijn de instelling van een minimum buistemperatuur, het open gaan van de luchtramen boven een maximum ruimtetemperatuur ongeacht het vochtdeficit en het sluiten van de luchtramen bij te lage buitentemperaturen.

Vooraf bij het laatste van deze regelsystemen, die ongetwijfeld nog in het experimentele stadium zijn, wordt duidelijk samengespeeld met het gewas dat zelf ook mede het klimaat bepaalt. In proeven en in de praktijk zijn de resultaten met deze regelingen veelbelovend.

#### 4. Beheersing van de klimaatsfactoren.

Voor regeling van het kasklimaat moeten de verschillende klimaatsfactoren kunnen worden beheerst, dat wil zeggen dat deze gehandhaafd moeten kunnen worden op een gewenst niveau. Voor de lichtintensiteit is dit geenszins het geval, het licht is een sterk wisselend, vrijwel niet te beïnvloeden gegeven. Als de gehele plant wordt beschouwd is het licht het gehele jaar door een minimum factor.

Wel kan de beschikbaarheid van het natuurlijke lichtniveau verbeterd worden, in dit verband kan bijvoorbeeld verwezen worden naar onderzoek van Stoffers (12), waaruit blijkt dat voor de Nederlandse warenhuiscomplexen de dakhelling tussen 20° en 30° niet zo belangrijk is, maar wel de nokrichting, waarvoor OW de beste is. Ook de vorm en constructie van het kasdek krijgen momenteel de aandacht, bijvoorbeeld in proeven met een dek van half rond gebogen zelfdragende kunststof.

De beheersing van de temperatuur in een kas slaagt maar tot op zekere "hoogte": bij sterke zon-instraling loopt de temperatuur vaak hoger op dan gewenst is. Er moet dan gekozen worden tussen luchten, waardoor de luchtvochtigheid sterk daalt en niet luchten, waardoor de temperaturen (te?) hoog oplopen, maar met een hoge luchtvochtigheid. De koolzuurgasconcentratie levert bij hoge stralingsintensiteiten even zo problemen op: de CO<sub>2</sub>-behoefte is dan het grootst, maar wanneer sterk gelucht wordt, is een kunstmatige verhoging van het CO<sub>2</sub>-gehalte boven het natuurlijke niveau van 0,03% niet meer mogelijk. Hierbij moet echter worden aangetekend, dat bij een verhoogd CO<sub>2</sub>-gehalte de (plant)-temperatuur aanzienlijk hoger mag of zelfs moet zijn, zoals volgt uit de welhaast klassieke komkommercurve van Gaastra (4). Meer kennis over dit CO<sub>2</sub>-effect is dringend gewenst, want het is duidelijk dat hier belangrijke consequenties aan verbonden zijn voor het luchten bij oplopende temperaturen.

De factor grond is nog niet ter sprake gekomen, meestal wordt er bij beschouwingen over het bovengrondse klimaat vanuitgegaan, dat de grond "in orde" is.



Naarmate echter het ruimte-klimaat subtieler geregeld wordt, gaat het wortelmilieu meer een beperkende rol spelen. Vooral de traagheid van de bodem zoals voor het temperatuurverloop, kan dan funest worden, vandaar dat er ook weer belangstelling komt voor "container"-teelten. (1).

#### 4.1. Het voorkomen van hoge temperaturen.

Als illustratie van de technische mogelijkheden, worden enige nieuwe ontwikkelingen besproken op het gebied van het voorkomen van te hoge temperaturen, die uitgaan van het principe van koeling door verdamping.

Het beperken van de instraling door schermen, door "krijten", raakt in onbruik doordat het arbeidsintensief is en bij een permanent krijtscherm beslist nadelig voor de groei en produktie. Mechanisch schermen door middel van (kunststof)-doek is een goede, maar wel dure oplossing en wordt in beperkte mate in Nederland toegepast bij potplanten. Het schermen met gekleurde vloeistof over het dak blijkt in Nederland te duur en te weinig bedrijfszeker.

#### 4.2. Dakbesproeiing.

Een recente vorm van kaskoeling is het gebruik van sproeiers op de kas.

De laatste jaren zijn veel z.g. daksproeiers geplaatst voor het schoonspoelen van het kasdek ter verbetering van de lichtdoorlatendheid. In de praktijk is nu gebleken dat wanneer tijdens zonnig en warm weer bij geopende luchtramen gesproeid wordt, in de kas een belangrijke verlaging van temperatuur en verhoging van vochtigheid kan worden verkregen. De buitenlucht die via een "watergordijn" in de kas komt, wordt boven het kasdek bevochtigd en gekoeld, doordat de voor het verdampen van het water benodigde verdampingswarmte aan de lucht wordt onttrokken (6). Het koeleffect ligt in de orde van 3 - 5°C.

#### 4.3. Koelen met watermatten.

Een ander principe van verdampingskoeling is reeds lang bekend vanuit de V.S. waar de "fan and pad cooling" is ontwikkeld.

Door de ventilatielucht, alvorens deze in de kas komt, over een met water bevochtigd oppervlak te leiden wordt de lucht met waterdamp verrijkt, waarbij de benodigde verdampingswarmte aan de droge lucht wordt onttrokken, waardoor deze lucht in temperatuur daalt.

Hoewel dit systeem in vochtige zeeklimaten minder effectief is dan in droge gebieden, komt deze vorm van klimaatbeheersing de laatste tijd meer in de belangstelling. Niet alleen omdat kassenbouwfirma's erin geïnteresseerd raakten voor hun exportlanden, maar ook vanwege de dringende noodzaak tot kwaliteitsverbetering in de bloemeteelt. Verdampingskoeling geeft immers het meeste effect bij zonnig en droog weer, dus juist bij die weersomstandigheden waaronder de kwaliteit van vele bloemen het meeste te lijden heeft door de sterke verdampingskracht. Een algemeen bezwaar van ventilatorkoeling is het horizontale temperatuurverloop, maar daartegenover staat dat onder de betrokken omstandigheden iedere temperatuurverlaging een belangrijke klimaatsverbetering kan betekenen, ook al is die temperatuurverlaging dan ook niet overal even groot. Vooral nu de prijs van ventilatoren aantrekkelijker is geworden en ook vanwege het lage stroomverbruik, rijst de vraag of de beperkingen van dit koelsysteem niet onderdoen voor de voordelen, namelijk een effectieve koeling tijdens die (korte) perioden dat de kwaliteit van het produkt zeer kwetsbaar is. Bovendien kan een gemechaniseerde luchting en koeling met ventilatoren veel beter geregeld worden.

In een experimentele kas op het Proefstation te Aalsmeer worden uitvoerige metingen verricht door I.T.T. en het Proefstation. Ook is thans in Aalsmeer een commerciële installatie van 2.000 m<sup>2</sup> voor rozen in gebruik (afb. 3 en 4).

#### 4.4. Gewasbevochtiging.

Nog weer een andere vorm van verdampingskoeling is de gewasbevochtiging. Gewasbevochtiging om te koelen wordt reeds toegepast bij het stekken onder waternevel.

Door Seemann (10) is gedemonstreerd dat bevochtiging van bladeren de bladtemperaturen kan verlagen.

Gewasbevochtiging bij (buiten) tomaten is toegepast door VandenBrink en Carolus (14) in Michigan . De eisen die hierbij zijn gesteld, zijn o.a. dat het water in kleine hoeveelheden (0,5 - 1,0 mm per uur) als niet te fijne druppels regelmatig verdeeld wordt. Carolus c.s. (2) concluderen dat de optimale waterbalans van een plant gemakkelijker te reguleren is door een regeling van de verdamping, dus via de vochttoestand van de lucht, dan door een regeling van de wateropname, dus via het toedienen van water aan de grond.

Door Spoelstra is op het I.T.T. een centrifugaalsproeier ontwikkeld die goed aan deze eisen voldoet en die tevens toegepast kan worden voor het op peil houden van het vochtgehalte van de grond (11). Bij de ontwikkeling van deze sproeier is er van uitgegaan dat het water door centrifugaalkracht verspreid moet worden. De sproeier bestaat in principe uit een centrifugaalpompje, aangedreven door een kleine electromotor. Afhankelijk van de watertoevoer is de neerslag geschikt voor gewasbevochtiging (gemiddeld 1,0 mm/uur) en voor beregening (gemiddelde neerslag 5,0 mm/uur). Zie afb. 5. Recente metingen hebben inderdaad aangetoond dat aldus bevochtigde tomatenplanten aanzienlijk minder verdampen dan niet besproeide.

Wellicht biedt de gewasbevochtiging mogelijkheden voor de zomerteelt van kassla.

## 5, Besluit.

De hiervoor besproken regelsystemen en hulpmiddelen voor de beheersing van het kasklimaat zijn technische vindingen toegepast op de teelt van tuinbouwgewassen. Het onderzoek ervan heeft reeds belangrijke klimatologische informatie opgeleverd. De toetsing van de tuinbouwkundige verdiensten loopt hierop echter sterk achter, vooral door de ingewikkeldheid van de betrokken fysische en fysiologische processen. Hierdoor is de tot dusver gebruikelijke norm, n.l. de opbrengst, ontoereikend omdat hiermede slechts het integrale en uiteindelijke effect vastgesteld wordt.

Dit laatste is weliswaar voor de praktijk het belangrijkste, maar het effect van een bepaalde ingreep op een bepaalde tijd kan er niet mee worden achterhaald, en daar komt het juist bij het onderzoek op aan.

Vandaar dat thans gewerkt wordt aan een onderzoeksmethodiek waarbij simultaan zowel de veranderingen in het milieu als de directe reacties van de planten worden waargenomen. Bij deze methodiek, die al wordt toegepast in een samenwerkingsproject, worden de reacties van de planten o.a. bepaald door metingen van de bladtemperatuur, de huidmondjesopening en de actuele verdamping.

## 6. Samenvatting.

Bij de regeling van het kasklimaat gaat het niet meer alleen om handhaven van een bepaalde ruimtetemperatuur, maar ook om het beïnvloeden van de verdamping van het gewas via de verdampingskracht van de lucht. Bij donker weer wordt de verdamping gestimuleerd voor een goede ontwikkeling van de planten en bij sterke instraling wordt de verdamping afgeremd.

Bij het Strijbosch- of Meerel systeem wordt de ruimtetemperatuur lichtafhankelijk geregeld, waarbij de gewenste (minimum) water- of buistemperatuur lager is naarmate er meer licht is. Er wordt gelucht als de ruimtetemperatuur te hoog is en de temperatuur in de buis lager is dan die bij de heersende lichtintensiteit is gewenst.

Bij de vochtdeficit of  $\Delta x$ -regeling is de ruimtetemperatuur eveneens lichtafhankelijk terwijl de luchting direct bepaald wordt door het vochtdeficit van de lucht, is dit te klein dan wordt gelucht.

De beheersing van de klimaatsfactoren in een kas is nog maar in beperkte mate mogelijk. Enkele recente ontwikkelingen om te hoge temperaturen te voorkomen, zijn gebaseerd op verdampingskoeling: dakbesproeiing bij geopende luchtramen, luchtkoeling door ventilatoren en watermatten of gewasbevochtiging met sproeiers met een geringe neerslagintensiteit.

Bij het toetsen van de tuinbouwkundige verdiensten van regelsystemen e.d. is de opbrengst een te grove maatstaf, voor het vaststellen van het effect van een bepaalde ingreep op een bepaalde tijd worden directe metingen van de gewasreacties i.c. de bladtemperatuur, de openingstcestand van de huidmondjes en de verdampingssnelheid toegepast.

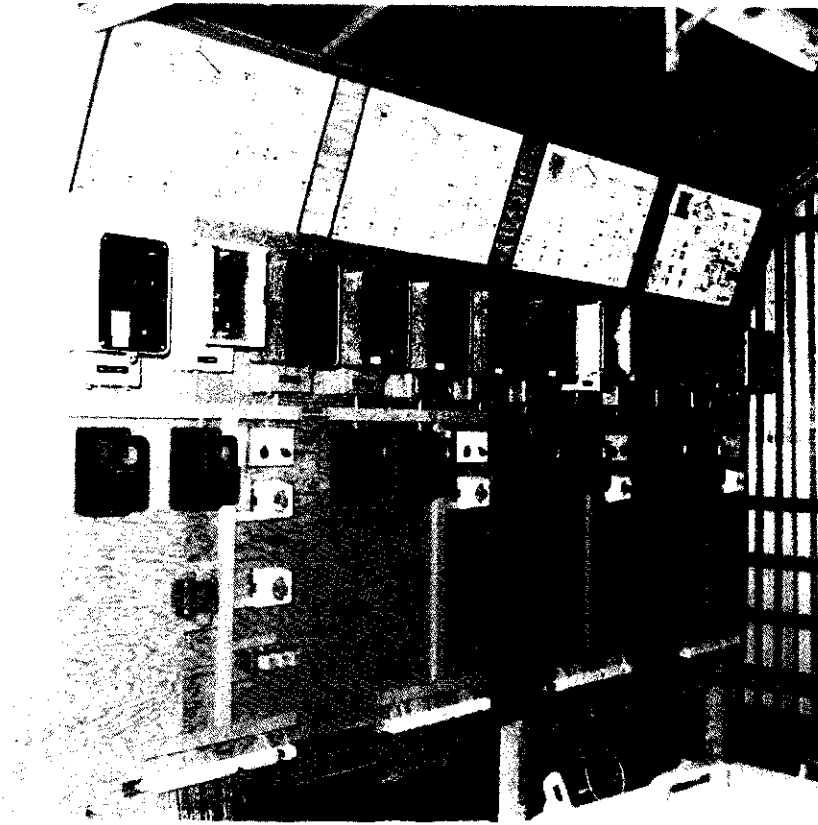
## 7. Summary.

The basis for the control of the glasshouse climate has been extended from merely maintaining a set air temperature to the regulation of the transpiration of the crop via the evaporative power of the air. In dull weather the transpiration is stimulated for the desired development of the crop and during periods of high incident radiation the transpiration is limited. In the Strijbosch or Meerel system the air temperature is controlled depending on the light intensity; the desired (minimum) temperature of the water (pipe temperature) lowers with increasing light intensities. Ventilators are opened if the ambient temperature is too high and the pipe temperature is lower than desired for the prevailing light intensity. The "Vapour pressure deficit" or " $\Delta x$ -system" also controls the air temperature depending on radiation level, but the ventilation is controlled directly by the vapour pressure deficit of the air; if this becomes too small the ventilators are opened hence the transpiration of the crop is enhanced. Means for controlling the climate factors are restricted. Some recent developments in preventing high air temperatures are based on evaporative cooling: sprinkling over the roofs when the ventilators are opened with sprinklers, otherwise used for cleaning the glass, fan and pad cooling, or moistening the crop with sprinklers at a low precipitation rate. For testing the horticultural merits of control systems etc. the final yields proved to be too inaccurate to determine the effect of specific treatments at a certain moment. Therefore more direct measurements of the crop response are used i.c. the leaf temperature, the opening of the stomata and the actual transpiration rate.

8. Literatuur.

1. Berkel, N. van: Containerteelt bij tomaten. Groenten en Fruit 24, 1968: 77,81.
2. Carolus, R.L., A.E. Erickson, E.H. Kidder, R.Z. Wheaton:  
The interaction of climate and soil moisture on water use, growth and development of the tomato.  
Mich. State Univ.Agric.Exp.Sta East Lansing.  
Quart. Bull. 47, 1965: 542 - 581.
3. Drenth, A. van. Beschrijving van een vochtdeficit-regeling.  
Publicatie I.T.T. in voorbereiding.
4. Gaastra, P. Fysiologische aspecten van de toepassing van koolzuur.  
Meded.Dir.Tuinb. 27, 1964: 369 - 377.
5. Heijna, B.J. Warmtetechnische aspecten van grondverwarming.  
Meded.Dir.Tuinb. 31, 1968 : 38 - 49.
6. Holsteijn, G.P.A. van en W. van Eindhoven: Eendakbesproeier biedt verschillende toepassingsmogelijkheden.  
Groenten en Fruit 24, 1968 : 15, 17.
7. Koppe, R. en D. Bokhorst. Energie-, vocht- en CO<sub>2</sub> huishouding in kassen,  
I.T.T. Publicatie 21, 1967 : 26 pp
8. Koppe, R. en J.A.Stoffers : Berekening van temperatuurfluctuaties in kassen bij wisselende instraling en van luchtvochtigheids fluctuaties bij wisselende waterdamp toevoer.  
Kassen en Kasklimaat. I.T.T. Publ. 13 : 81 - 94.
9. Meijaard, D. : Verschillen in bedrijfsuitkomsten in de glastuinbouw. Meded.Dir.Tuinb. 28, 1965 : 188 - 193.

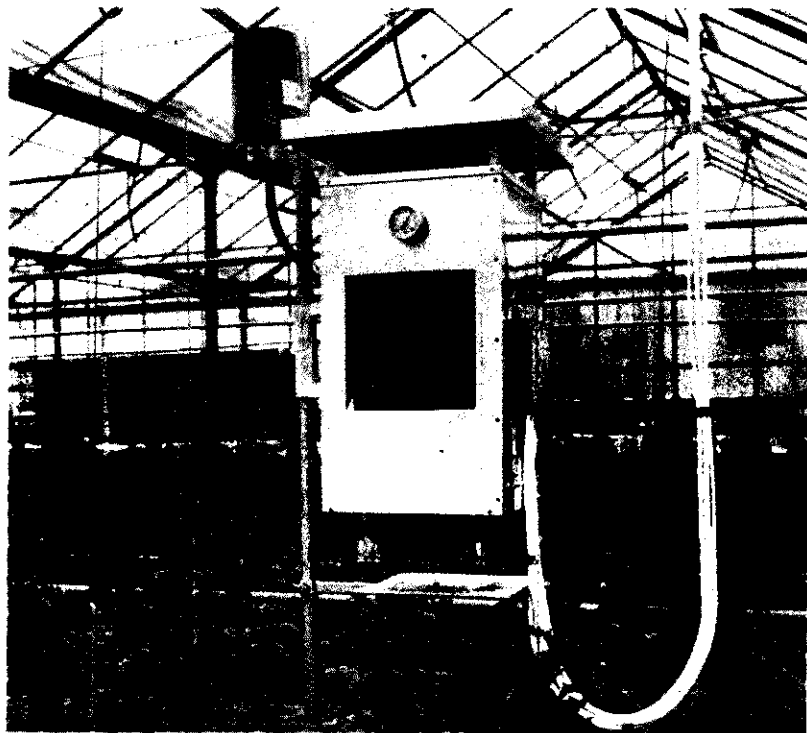
10. Seemann, J. Ein Beitrag zum Problem der Kühlung von Gewächshäusern während des Sommers mit einfachen Verfahren.  
Gartenbauwissenschaft 27, 1962 : 33 - 44.
11. Spoelstra, P.A. en W. Broekhuizen. Ontwikkeling van een sproeier voor gewasbevochtiging.  
Publikatie I.T.T. - 1969: 5 pp
12. Stoffers, J.A. Licht en dakhelling van warenhuizen.  
Meded.Dir.Tuinb. 31, 1968 : 17 - 21.
13. Strijbosch, Th.: Ventilatie en verwarming van tomatenkassen.  
Meded.Dir.Tuinb. 29, 1966 : 364 - 371.
14. VanDenBrink, C. and R.L. Carolus: Removal of atmospheric stresses from plants by overhead sprinkler irrigation.  
Mich. Agric. Exp. Sta.  
Mich. State Univ. East Lansing.  
Quart. Bull. 47, 1965 : 358 - 363.
15. Verkerk, K.: Temperature, light and the tomato.  
Meded. Landbouwhogeschool 55 (4) 1955 :  
176 - 224.
16. Vijverberg, A.J. en Th. Strijbosch.: Ontwikkelingen in de klimaatregeling bij tomaat en sla.  
Meded.Dir.Tuinb. 31, 1968 : 472 - 475.



Afb. 1

Regelpaneel met vier experimentele vochtdeficitregelaars. Op de regelschema's wordt door lampjes aangegeven welke onderdelen in bedrijf zijn.

Four experimental vapour pressure deficit controllers.

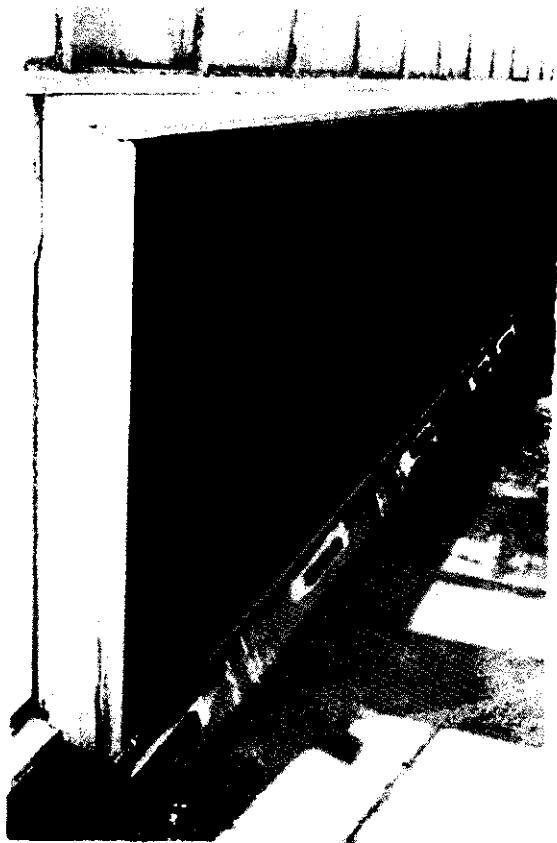


Afb. 2

Geventileerde en tegen straling geïsoleerde meetkast met natte en droge thermokoppels voor het bepalen van het vochtdeficit.

Aspirated box containing wet and dry thermocouples for determining the vapour pressure deficit.

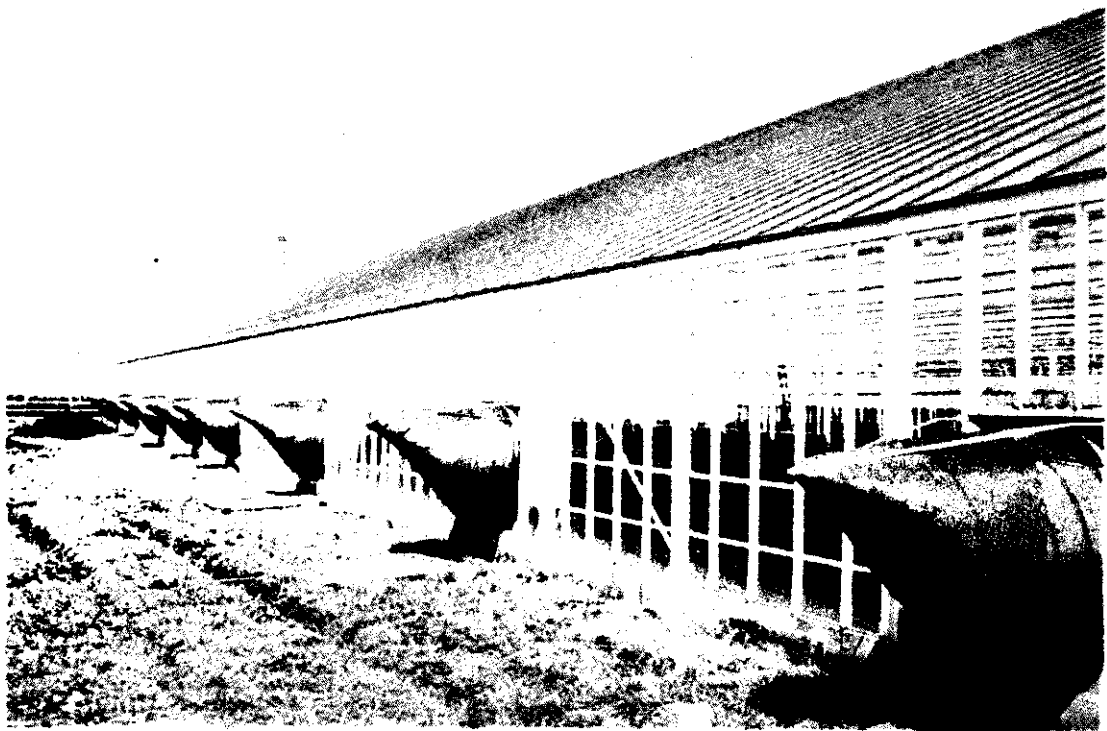




Afb. 3

Watermatkoeling; wand met bevochtigde mat ( cocos vezels ) waar de lucht door naar binnen wordt gezogen.

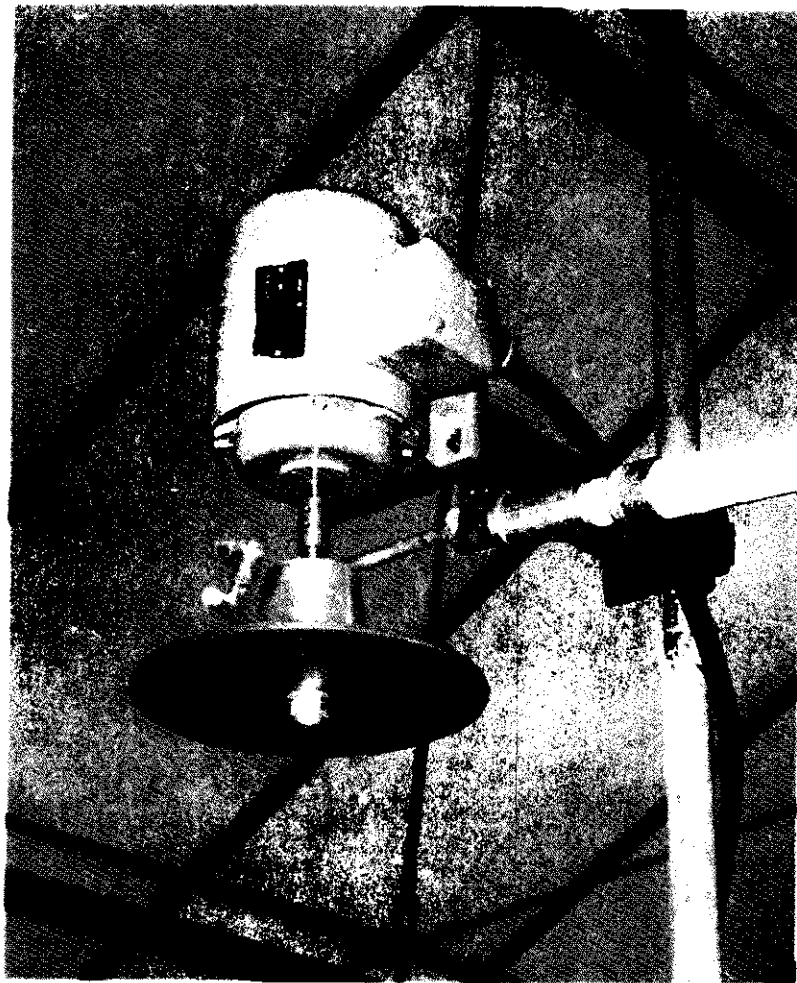
Fan and pad cooling; pad of coco fibres through which the air enters the glasshouse.



Afb. 4

Watermatkoeling; wand met ventilatoren en ( hier uit staande ) afsluithoezen.

Fan and pad cooling; wall with fans and nylon flaps to shut off the fan outlet.



Afb. 5

Centrifugaalsproeier voor gewasbevochtiging. Het te versproeien water loopt vrij vanuit het leidingnet in een beker, die met een verlengas is gekoppeld aan de electromotor ( 90 W - 2800 omwentelingen per minuut ). Op de beker is een sproeipijp aangebracht, die het water verspreidt.

Centrifugal sprinkler for moistening the crop. Water from the main supply flows into cup, which is rotated by an electromotor ( 90 W - 2800 r.p.m. ). In the cup the sprinkler is mounted. Precipitation rate 1-5 mm/hr over 50 m<sup>2</sup>.