

PLANTENFYSIOLOGISCH ONDERZOEK AAN INTACTE HOGERE PLANTEN MET BEHULP VAN KLIMAATKAMERS

door Th. ALBERDA

*(Instituut voor Biologisch en Scheikundig Onderzoek van
Landbouwgewassen, Wageningen)*

Inleiding

Bij de bestudering van de levensverrichtingen van een organisme is de reproduceerbaarheid van de waarnemingen een eerste vereiste. Werden de eerste fysiologische experimenten uitgevoerd met intacte hogere planten, al spoedig bleek dat deze objecten voor een nadere bestudering van belangrijke detailprocessen ongeschikt waren. Deze ongeschiktheid heeft tweeërlei oorzaak: In de eerste plaats is de intacte hogere plant te ingewikkeld van structuur om daarmee detailprocessen te kunnen bestuderen. Men neemt daarvoor veel liever eencellige organismen of enkelvoudige weefsels of zelfs onderdelen daarvan. In de tweede plaats is het bij intacte hogere planten veel moeilijker op ieder gewenst moment over voldoende homogeen materiaal te beschikken, dat een goede reproduceerbaarheid van de proef waarborgt. Een bijkomstige omstandigheid is nog dat er bij hogere planten veel meer ruimte voor proeven nodig is met kostbaarder installaties dan bij eenvoudiger organismen of weefsels.

Toch is gedurende de laatste jaren de intacte hogere plant weer in het centrum van de belangstelling komen te staan. Hiervoor zijn verschillende

oorzaken aan te wijzen. Zo ontstond in kringen van plantensociologen en ecologen, na een periode van waarnemingen onder natuurlijke groeiomstandigheden, behoefte aan het experiment teneinde een beter begrip te krijgen van de gevonden correlaties.

Ook het onderzoek over de invloed van temperatuur en daglengte op de ontwikkeling en de verschijningsvorm van planten had zoveel moeilijk te interpreteren gegevens opgeleverd, dat ook hier vraag ontstond naar een beter beheersen van de uitwendige omstandigheden.

Ten slotte moet nog het land- en tuinbouwkundig onderzoek worden genoemd. Ook hier ontstond behoefte aan een verdieping van de kennis van belangrijke gewassen, in het bijzonder aan een betere informatie over de invloed van uitwendige omstandigheden op produktie en ontwikkeling.

WENT heeft als eerste een complex van klimaatkamers en kassen ontworpen waarin het mogelijk is een groot aantal uitwendige factoren afzonderlijk te variëren. Door het proefmateriaal ook onder constante omstandigheden op te kweken werd een grote uniformiteit verkregen en kon voor de proeven met minder materiaal worden volstaan dan men doorgaans gewend was (8). Voor deze installatie als geheel is de naam fytotron in zwang gekomen, een naam, die later door HUDSON (5) werd voorbehouden voor: „ a complex installation which includes a series of growth rooms, temperature-controlled rooms and glasshouses, where plants can be moved freely from one environment to another”. Het onderzoek van WENT en zijn medewerkers leverde al direct een zo groot aantal nieuwe waarnemingen, dat het bestaansrecht van een dergelijke installatie door alle plantenfysiologen werd erkend. Het voorbeeld van WENT heeft dan ook op vele plaatsen navolging gevonden; in Wageningen zijn op het ogenblik twee installaties van bescheiden omvang in gebruik en enkele in aanbouw.

In dit artikel zal ik mij beperken tot de faciliteiten van het Instituut voor Biologisch en Scheikundig Onderzoek van Landbouwgewassen (I.B.S.), waarbij een korte beschrijving van deze faciliteiten zal worden gegeven met daarnaast een aanduiding van enkele algemene problemen, die zich bij dit onderzoek met intacte hogere planten voordoen.

De outillage

De faciliteiten voor onderzoek onder regelbare omstandigheden, waarover het I.B.S. beschikt, zijn de volgende:

1. Een complex van zeven kassen met enkele cellen zonder de mogelijkheid van assimilatoire bijbelichting. Eén der kassen van dit complex kan mechanisch worden gekoeld; de andere kassen beschikken over een bronwaterkoeling.

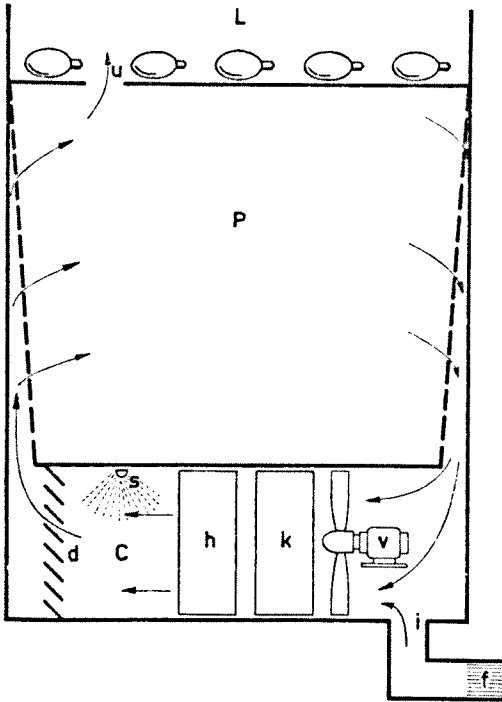
2. Zes klimaatkamers met assimilatoire verlichting, die onderling wat betreft proefopstelling en kunstlichtbronnen enigszins van elkaar afwijken. Zo is één van deze kamers speciaal geschikt gemaakt voor het onderzoek met verschillende worteltemperaturen bij dezelfde temperatuur van de bovengrondse delen. De overige kamers zijn uitgerust met zowel TL-buizen als

hogedruk-kwiklampen met een fluorescerende buitenbol, de zogenaamde HPL-lampen. Beide lampsoorten zijn bovendien in verschillend vermogen aanwezig. De planten worden geplaatst op rekken, waarvan de afstand tot de lichtbron kan worden gewijzigd. Het regelmatig verplaatsen van de planten van de ene kamer naar de andere is niet wel mogelijk.

3. Een complex van zes klimaatkamers en drie kassen, als een eenheid uitgevoerd en doorgaans aangeduid met de naam fytotron. De klimaatkamers zijn wat uitvoering betreft in grote lijnen gelijk aan de reeds genoemde, alleen is de lichtbron in alle kamers dezelfde, nl. HPL-lampen 400 watt, terwijl de planten niet op vaste rekken worden geplaatst maar op karretjes, die gemakkelijk van de ene kamer naar de andere of naar een kas kunnen worden gereden.

Zowel het eerstgenoemde kassencomplex als het fytotron zijn elders reeds uitvoerig beschreven (2, 7), zodat hier met het weergeven van de hoofdzaken kan worden volstaan.

Een klimaatkamer is een ruimte met ongeveer 3×4 m vloeroppervlak. De twee tegenover elkaar staande verticale wanden van 4 m zijn geperforeerd; de lucht komt door de ene wand binnen, gaat in horizontale richting door de proevenruimte P en verlaat deze weer door de andere wand (fig. 1). De lucht wordt door de ventilator v uit de proevenruimte gezogen en achtereenvolgens langs de koeler k, de verwarming h, de neveldoppen s en de druppelvanger d weer naar de proevenruimte teruggeleid. Via een zijkanaal i wordt



Figuur 1.
Schets van een klimaatkamer

- L = lampenruimte
- P = proevenruimte
- C = conditioneringsruimte
- v = ventilator
- k = koellichaam
- h = verwarmingselementen
- s = neveldoppen
- d = druppelvanger
- f = luchtfilter
- i = invoer van verse lucht
- u = afvoer van lucht

gefilterde buitenlucht bijgemengd om de koolzuurconcentratie op peil te houden. Het surplus verlaat de proevenruimte P via de opening u . In de proevenruimte bevinden zich de voelers van de contactthermometers, die via een relais de temperatuur en de relatieve vochtigheid regelen. Elke klimaatkamer heeft zijn eigen koeling, verwarming en bevochtiging. De koeling is een directe freonkoeling en de verwarming geschiedt elektrisch; beide werken via een aparte contactthermometer. Via natte-bolthermometers wordt de lucht bevochtigd, resp. gedroogd. Het bevochtigen geschiedt door water onder hoge druk te vernevelen; de lucht wordt gedroogd door het inschakelen van de koelmachine zodat de waterdamp op de koeler condenseert. De proevenruimte is door een glasplafond gescheiden van de lampenruimte L . Het aantal uren licht per etmaal kan met de hand of een schakelklok worden geregeld. De lichtintensiteit in de kamers van het fytotron is ter hoogte van de bovenkant van de kweekpotten ongeveer 5×10^4 erg $\text{cm}^{-2} \text{sec}^{-1}$, d.i. ongeveer een vijfde deel van de intensiteit van het zonlicht midden op een heldere zomermiddag. In de andere klimaatkamers wordt op deze hoogte een intensiteit van maximaal $7,5 \times 10^4$ erg $\text{cm}^{-2} \text{sec}^{-1}$ bereikt.

De luchtbehandeling van de kassen geschiedt op een analoge manier. Hier wordt ook de lucht met ventilatoren uit de kas gezogen en door een kanaal geblazen waarin zich dezelfde elementen bevinden als die welke voor de kamers zijn beschreven. De hier op de gewenste temperatuur en vochtigheid gebrachte lucht wordt via twee nauwe spleten in de vloer langs de lange wanden weer in de kas geblazen. Deze luchtinjectie zorgt ervoor dat overal in de kas de lucht in beweging komt, zodat ook hier een redelijke homogeniteit van de lucht wordt bereikt. De temperatuur wordt er eveneens met contactthermometers geregeld; de relatieve vochtigheid wordt ingesteld met behulp van een haarhygrostaat. Net als in het eerstgenoemde kassencomplex kan in het fytotron één kas met freon worden gekoeld. Hier kan in de zomer bij volle instraling een temperatuur van 15°C gehandhaafd worden zonder schermen of kalken. De andere kassen worden met bronwater gekoeld dat 's zomers en 's winters een temperatuur van ca. 10°C heeft. Met dit bronwater kan een temperatuur van 20° gehandhaafd worden. Het is in beide gevallen wel noodzakelijk dat de ruiten ook worden gekoeld door er bronwater overheen te laten lopen. De verwarming gebeurt via de centrale verwarming van het Instituut. De lichtintensiteit in de kassen bedraagt ongeveer 78% van het daglicht. Dit is voor een kas hoog en het wordt bereikt door het ontbreken van luchtramen waardoor de constructie lichter kan zijn (dunne spanten op vrij grote onderlinge afstand).

De lichtintensiteit in de kamers is in een horizontaal vlak niet overal precies gelijk. De verschillen bedragen ten hoogste 20%. De temperatuur kan worden gevarieerd tussen 0 en 30°C ; de verschillen in de kamer bedragen ongeveer $\frac{1}{2}^\circ\text{C}$, alleen vlak bij het glazen plafond is de temperatuur duidelijk hoger. De relatieve vochtigheid kan worden geregeld van ongeveer 35% tot tot 95% met fluctuaties van $\pm 5\%$.

In de kassen is de lichtintensiteit uiteraard wisselend; de regelbaarheid van

de temperatuur hangt af van de tijd van het jaar; in de winter kan maximaal tot 20° worden verwarmd bij een buitentemperatuur tot —10°C; in de zomer kan zoals gezegd tot 15° worden gekoeld bij een buitentemperatuur tot 25°C. De fluctuaties zijn wat groter dan in de kamers. Het vochtigheids-traject is ook kleiner en de fluctuaties zijn weer duidelijk groter dan in de kamers.

Deze outillage maakt het mogelijk gedurende het gehele jaar proeven te nemen met goed groeiend materiaal van een behoorlijke uniformiteit en reproduceerbaarheid.

Het onderzoek met intacte planten

De aard van het onderzoek op het I.B.S. brengt mee dat intacte hogere planten, meestal landbouwgewassen, tijdens de proef aanzienlijk in lengte, gewicht en bladoppervlak toenemen. Het is misschien goed even stil te staan bij de verschillen die er bestaan tussen een gewas te velde en een individuele plant in een klimaatkamer. Te velde ontstaat doorgaans betrekkelijk snel na het opkomen van de planten een gesloten gewasoppervlak, waarbij praktisch niets van het opvallende licht de grond bereikt. Aangezien voor een vrij groot aantal bladeren de lichtintensiteit nog beneden de verzadigingswaarde voor de fotosynthese zal liggen, kan men stellen dat de droge-stofproductie van een gesloten volledig groen gewasoppervlak bij een optimale verzorging met water en mineralen evenredig zal toenemen met toenemende straling. Zo kon BROUGHAM (3) aantonen dat de grasproductie kort na het afmaaien ongeveer exponentieel toenam, totdat het bladoppervlak ongeveer vijf maal het grondoppervlak was. Daarna verliep de produktie vrijwel lineair. DE WIT (10) heeft voor een dergelijk gesloten gewasoppervlak de potentiële fotosynthese uit de straling berekend. Uit eigen, nog ongepubliceerde gegevens, is gebleken dat de totale droge-stofproductie van een grasmat, mits zo goed mogelijk voorzien van meststoffen en water, gedurende een deel van het seizoen parallel loopt met de straling en bij benadering gelijk is aan de door DE WIT berekende potentiële produktie.

In de klimaatkamers daarentegen is de situatie geheel anders. Van een gesloten gewasoppervlak is hier geen sprake; de planten blijven vrij staan. Bovendien komen ze geleidelijk dicht bij de lichtbron. Zoals uit figuur 2 blijkt kan de droge-stofproductie van gras op voedingsoplossing hier gedurende minstens 9 weken vrijwel exponentieel verlopen. Het is duidelijk dat dit exponentiële verloop eens moet ophouden. In deze proef werd de voedingsoplossing dagelijks ververscht hetgeen waarschijnlijk bij verder voortzetten van de proef spoedig onvoldoende zou blijken te zijn. Het is alleen de bedoeling er op te wijzen dat het groeiverloop van individuele planten in de klimaatkamer eigenlijk nog ingewikkelder kan zijn dan dat van een gewas te velde. Immers, te velde doet zich vaak de situatie voor waarin, bij een optimale verzorging met water en mineralen, de droge-stofproductie beperkt wordt door de hoeveelheid ontvangen lichtenergie. Gedurende geruime tijd kunnen het effectieve bladoppervlak en de afstand tot de lichtbron gelijk blijven.

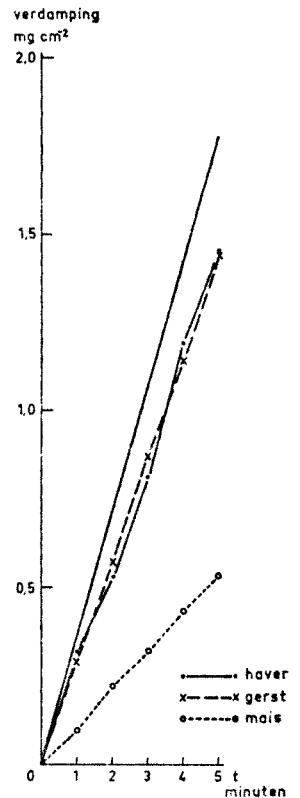
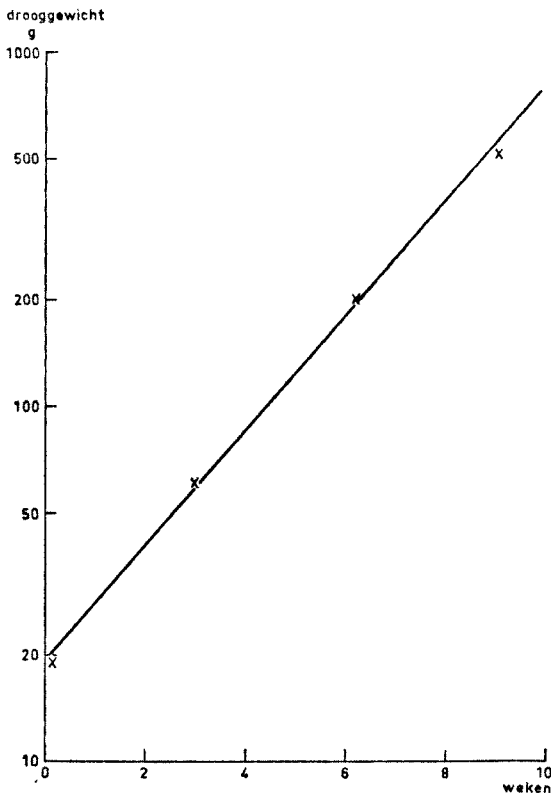
In de klimaatkamers daarentegen zal een verschil in uitwendige omstan-

digheden al gauw secundaire verschillen kunnen induceren en men zal hierop bij het onderzoek scherp dienen te letten. Het belangrijke voordeel van de klimaatkamer, het naar willekeur kunnen variëren van één bepaalde factor, brengt dus bij onderzoek over langere termijn de moeilijkheid mee, dat men het primaire effect moet onderscheiden van secundaire effecten of effecten op korte termijn van effecten op lange termijn.

In vele gevallen is het echter niet mogelijk dit onderscheid te maken. Wanneer het aanbrenge van één variabele factor resulteert in een verschil in droge-stofproductie, dan kan het onderzoek in de klimaatkamers zonder meer geen antwoord geven op de vraag of dit verschil nu veroorzaakt wordt door:

a. verschillen in snelheid waarmee het bladoppervlak toeneemt en dus verschillen in de per plant ontvangen straling;

b. verschillen in de snelheid van fotosynthese per eenheid van bladoppervlak;



Links figuur 2. De gewichtstoename (logarithmisch uitgezet) van Engels raai gras gedurende 9 weken.

Rechts figuur 3. De verdamping van een vochtig zwart filtreerpapier (rechte lijn) vergeleken met die van afgesneden bladeren van haver, gerst en mais.

c. verschillen in de snelheid van dissimilatie per eenheid van plantgewicht; of

d. door een combinatie van deze factoren.

Om de primaire oorzaak met zekerheid te kunnen vaststellen zijn metingen van de snelheid van ademhaling en fotosynthese nodig.

In het onderstaande is een aantal voorbeelden bijeengebracht, die één en ander voor de factoren temperatuur, licht en relatieve vochtigheid illustreren.

De invloed van de temperatuur

Een illustratief voorbeeld van een invloed van de temperatuur is het onderzoek van BROUWER (4) met erwten. Op korte termijn geeft een temperatuur van 24°C een betere groei, d.w.z. een snellere bladvorming en daardoor een snellere droge-stofproductie dan een van 17° en deze op zijn beurt weer een betere dan een temperatuur van 10°. Daarnaast is er echter een tweede invloed van de temperatuur. De planten bij 24° bloeien veel eerder en zijn ook eerder rijp dan bij 17° en deze weer eerder dan bij 10°. Als gevolg hiervan hebben de planten bij 10° verreweg de langste levensduur en, ofschoon de snelheid van droge-stofproductie in het vegetatieve stadium aanvankelijk het kleinst is, is uiteindelijk toch de totale droge-stofproductie en ook het gewicht van de rijpe peulen hier het grootst. Dit is echter geen algemene regel; bonen bijv. gedragen zich anders.

Een tweede voorbeeld is de invloed van de temperatuur op de droge-stofproductie van Engels raagras. Op korte termijn is een dag- en nachttemperatuur van ca. 20° optimaal. Bekijkt men echter de grasproductie op lange termijn, waarbij het gras met regelmatige tussenpozen wordt geknipt, dan is bij eenzelfde dagtemperatuur, een zo laag mogelijke nachttemperatuur het gunstigst (1). Dit laatste verschijnsel kan in verband worden gebracht met de invloed van de nachttemperatuur op de koolhydraatreserves en met het feit dat de stengels bij lage temperatuur veel vlakker groeien, waardoor na knippen meer blad aan de plant blijft zitten.

De invloed van de lichtdosering

De invloed van de lichtintensiteit op de droge-stofproductie is in de klimaatkamers steeds duidelijk merkbaar, omdat ook voor die bladeren, die het gunstigst zijn geëxponeerd, de verzadigingswaarde nog niet is bereikt. Dit verschil in droge-stofproductie zal secundaire verschillen veroorzaken o.a. in de snelheid van zoutopname en men zal er voor moeten zorgen dat deze verschillen het primaire verschijnsel niet kunnen beïnvloeden.

Het voorbeeld dat hier wordt gekozen ligt op het terrein van de lichtdosering, zoals hieronder nader zal worden toegelicht.

In een bepaalde proef werd de droge-stofproductie bepaald van twee groepen boneplanten. De ene groep kreeg een daglengte van 17 uur en een lichtintensiteit van $\pm 2 \times 10^4$ erg cm⁻² sec⁻¹; de andere groep kreeg een daglengte van 7 uur en een lichtintensiteit van $\pm 5 \times 10^4$ erg cm⁻² sec⁻¹. Aan het begin van de proef ontvingen beide groepen planten per etmaal zo goed mogelijk dezelfde hoeveelheid energie. Aan het eind van de proef was dit

	<i>daglengte</i>	<i>licht-intensiteit</i>	<i>droog-gewicht</i>	<i>blad-oppervlak</i>	<i>gehalte chlorofyl a + b</i>
	uur	erg cm ⁻² sec ⁻¹ × 10 ⁴	g	cm ²	mg/dm ⁻²
<i>bruine boon</i>	17	2	6,5	3805	2,62
	7	5	3,0	2307	0,90
<i>komkommer</i>	17	2	15,3	3668	4,48
	7	5	6,3	1985	2,35

Tabel I. Het effect van de lichtdosering op drooggewicht, bladoppervlak en chlorofylgehalte bij bruine boon en komkommer.

echter kennelijk niet meer het geval want beide groepen verschilden in gewicht, in lengte, in bladoppervlak en in bladkleur. Bovendien stonden de planten van de 17-uur-licht-groep gedurende een deel van de lichtperiode met hun bladeren in slaaphouding.

Het is dus duidelijk, dat de dosering van de lichtenergie invloed had op de droge-stofproductie, doch zonder meer viel niet uit te maken of de slaaphouding van de bladeren, de lengtegroei, het bladoppervlak of de bladkleur voor deze verschillen verantwoordelijk was. Door komkommerplanten te nemen konden de verschillen in lengte en in stand van de bladeren worden uitgeschakeld. Het verdere gedrag was geheel overeenkomstig met dat van de bonen zoals uit tabel I blijkt. Aangezien bovendien de verschillen in bladgroengehalte reeds na één etmaal duidelijk zichtbaar waren, is naar alle waarschijnlijkheid een invloed van de lichtdosering op de snelheid van chlorofylvorming de primaire oorzaak van de gevonden verschillen in drooggewicht. Voor een overtuigend bewijs zijn echter nog metingen van de fotosynthesesnelheid noodzakelijk.

De invloed van de relatieve vochtigheid

In tabel II zijn de gewichten en de spruit/wortel-verhoudingen vermeld van twee groepen maïsplanten. De ene groep is opgekweekt bij een relatieve vochtigheid van 55%, de andere bij een relatieve vochtigheid van 93%. In tegenstelling tot wat, bij minder totale energie, elders wel is gevonden (WENT, (8), p. 294) is er een duidelijk verschil in produktie en in de spruit/wortel-verhouding te constateren. Het ligt voor de hand deze verschillen toe te schrijven aan verschillen in transpiratie, of liever, aan verschillen in de waterbalans van de plant. Bij de lage relatieve vochtigheid zou speciaal in de bovengrondse delen een zekere mate van watertekort kunnen zijn opgetreden met als gevolg een wat geringere bladstrekking en een kleinere spruit/wortel-verhouding.

<i>relatieve vochtigheid</i>	<i>gewicht droog-</i>	<i>spruit/ wortel</i>
%	g	
93	150,0	2,90
55	124,5	2,09

Tabel II. De invloed van de relatieve luchtvochtigheid op drooggewicht en spruit/wortel-verhouding bij maïsplanten.

Toch moet er met nadruk op worden gewezen, dat het er niet in de eerste plaats om gaat, dat de relatieve vochtigheid onder alle omstandigheden gelijk blijft, maar wel, dat de waterbalans van de planten zo veel mogelijk dezelfde moet zijn. Wanneer de invloed van de temperatuur of de lichtintensiteit wordt onderzocht moet met deze factoren ook de relatieve vochtigheid verschillend zijn, omdat anders de planten onder deze verschillende omstandigheden met een verschillende snelheid zouden verdampen. De verdamping van een blad is immers afhankelijk van de specifieke eigenschappen van het blad zelf en van de ontvangen straling, de windsnelheid, de temperatuur en de relatieve vochtigheid. De specifieke eigenschappen van het blad zelf laten zich benaderen door de verdamping van een afgesneden blad met korte tussenpozen gedurende korte tijd te meten en te vergelijken met de verdamping van een vochtig zwart filtreerpapiertje onder dezelfde omstandigheden.

De afgeknipte blaadjes en het filtreerpapiertje werden zó op een Beckson balans opgesteld dat ze steeds in dezelfde positie bleven en toch ongehinderd konden verdampen. De balans had een perspex bovendecksel, zodat de blaadjes konden worden belicht met de lampen in de klimaatkamer. Door de schuifraampjes van de balans te openen kon een constante luchtstroom langs de blaadjes worden geleid. Na elke minuut werden de raampjes voor een weging even gesloten. In fig. 3 (p. 106) zijn de resultaten weergegeven van een dergelijke proef met afgeknipte bladeren van haver, gerst en maïs. Hieruit blijkt dat de verdamping in alle gevallen gedurende 5 minuten met dezelfde snelheid verliep en tevens, dat de verdamping per cm² bladoppervlak voor haver en gerst vrijwel gelijk is aan die van een vochtig zwart filtreerpapiertje, terwijl die van maïs belangrijk kleiner is. Wanneer nu de overige factoren, die invloed op de verdamping uitoefenen bekend zijn, laat zich de verdamping berekenen (9). Op deze wijze kan men voor verschillende temperaturen de relatieve vochtigheidsgraden berekenen waarbij de verdamping van een vochtig filtreerpapiertje (en dus bij benadering ook van een gerst- of haverblad) per cm² dezelfde is en men kan omgekeerd voor verschillende temperaturen de verdamping uitrekenen bij constante relatieve vochtigheid. Dit is in tabel III weergegeven, zowel voor een vochtig zwart filtreerpapiertje als voor een maïsblad.

Met deze verschillen in verdamping bij verschillende temperaturen of bij verschillende lichtintensiteiten wordt heel vaak geen rekening gehouden. In verreweg de meeste gevallen worden bijv. verschillende lichtintensiteiten verkregen door in eenzelfde ruimte de afstand van de planten tot de lampen

<i>temperatuur</i> °C		10	15	20	25
<i>relatieve vochtigheid</i> in % (verdamping constant)	vochtig zwart filtreerpapierkje	58	65	70	75
	maïsblad	41	57	70	80
<i>verdamping</i> in mg cm ⁻² min ⁻¹ (relatieve vochtigheid constant)	vochtig zwart filtreerpapierkje	0,244	0,280	0,298	0,354
	maïsblad	0,052	0,069	0,090	0,114

Tabel III. De relatieve vochtigheid c.q. de verdamping bij verschillende temperaturen. Straling, inclusief infrarood, 9×10^4 erg cm⁻² sec⁻¹; windsnelheid 30 cm/sec⁻¹.

<i>Lichtintensiteit in relatieve eenheden</i>	<i>kas</i>			<i>klimaatkamer</i>		
	maïs	erwt	tomaat	maïs	boon	tomaat
5,0	2,16	3,52	6,06	3,30	4,72	6,30
3,5	2,37	3,60	6,86	4,36	3,64	6,80
2,0	2,17	3,76	7,65	3,65	3,99	6,25

Tabel IV. De invloed van de lichtintensiteit op de spruit/wortelverhouding van een aantal gewassen.

te variëren of door een deel der planten te beschaduwen. Strikt genomen is dit dus niet juist omdat er dan ook verschillen in verdamping ontstaan. Aan de andere kant echter zal men bij verschillende instraling en dezelfde verdamping verschillende bladtemperaturen krijgen. De beste oplossing voor het werken met verschillende lichtintensiteiten is mogelijk deze, dat men zorgt voor een vrij hoge relatieve vochtigheid, zodat men niet gauw de kans loopt dat ergens een watertekort optreedt. Dat nader onderzoek hierover wel gewenst is moge blijken uit het feit dat zowel in de klimaatkamers als in de kas bij hoge relatieve vochtigheid in vele gevallen geen duidelijke invloed van de lichtintensiteit op de spruit/wortel-verhouding werd gevonden (tabel IV), terwijl uit vele andere proeven (zie bijv. 6) wel een duidelijke invloed is gebleken. In vele van deze gevallen is een invloed via de waterbalans van de plant zeker niet uitgesloten.

Met deze korte en geenszins volledige opsomming van mogelijkheden en specifieke moeilijkheden, die men bij het experimenteren met intacte hogere planten in klimaatkamers ondervindt, zal hier worden volstaan. Samenvattend kan worden gezegd dat het onderzoek in klimaatkamers kan leiden tot een beter begrip van het gedrag van de planten onder natuurlijke omstandigheden, mits men zich goed realiseert dat bij dit onderzoek specifieke neveninvloeden kunnen optreden, die zich onder natuurlijke omstandigheden niet of in veel mindere mate laten gelden.

Literatuur

1. ALBERDA, Th., The effects of cutting, light intensity and night temperature on growth and soluble carbohydrate content of *Lolium perenne* L. *Plant and Soil* 8 (1957): 199—230.
2. ALBERDA, Th., The phytotron of the institute for biological and chemical research on field crops and herbage at Wageningen. *Acta Bot. Neerl.* 7 (1958): 265—277.
3. BROUGHAM, R. W., Effect of intensity of defoliation in regrowth of pasture. *Australian J. Agric. Res.* 7 (1956): 377—387.
4. BROUWER, R., De invloed van de temperatuur op de ontwikkelingscyclus van erwten. *Jaarboek I.B.S.* (1959): 17—26.
5. HUDSON, J. P. (ed.), *Control of the plant environment*. London (1957): 250 pp.
6. KAMEL, M. S., A physiological study of shading and density effects on the growth and the efficiency of solar energy conversion in some field crops. *Meded. Landb.hogesch. Wageningen* 59 (1959): 101 pp.
7. SPOELSTRA, P. A., De klimaatkassen van het I.B.S. *Jaarboek I.B.S.* (1957): 131—139.
8. WENT, F., Experimental control of plant growth. *Chronica Botanica* 17 (1957): 343 pp.
9. WIT, C. T. DE, Transpiration and crop yields. *Versl. Landbouwk. Onderz.* 64 (1958): 88 pp.
10. WIT, C. T. DE, Potential photosynthesis of crop surfaces. *Netherl. J. Agric. Sci.* 7 (1959): 141—149.